



EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS APLICACIONES DE AZOKOP SOBRE LOS PARAMETROS FISIOLÓGICOS Y RESERVAS NITROGENADAS EN POSCOSECHA DE CEREZOS CV. LAPINS.

ENSAYO KOPPERT 2024-2025



ÍNDICE

OBJETIVO	3
MATERIALES Y MÉTODOS	3
Tratamientos	4
Evaluaciones	6
PRECOSECHA	6
Cuaja y retención de frutos	6
POSCOSECHA	6
Índice CCI y temperatura de hoja	7
Conductancia estomática (Gs)	7
Potencial hídrico de tallo (Ψ_x)	7
Reservas nitrogenadas	7
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	7
RESULTADOS	8
Retención de frutos	8
Seguimiento índice de CCI	8
Seguimiento temperatura de hoja	9
Seguimiento conductancia estomática (Gs)	9
Seguimiento potencial hídrico de tallo (Ψ_x)	10
Análisis nutricional foliar	11
Reservas nitrogenadas	11
CONCLUSIONES	13

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS APLICACIONES DE AZOKOP SOBRE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y RESERVAS NITROGENADAS EN POSCOSECHA DE CEREZOS CV. LAPINS.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de las aplicaciones de Azokop sobre los parámetros fisiológicos en poscosecha en cerezos cv. Lapins, se llevó a cabo un ensayo en un huerto comercial de cerezos perteneciente al Fundo San Manuel, en la comuna de Graneros (34°03'15.6" Latitud Sur - 70°42'11.7" Longitud Oeste), Región de O'higgins, Chile.

Para cumplir con el objetivo señalado se establecieron tres tratamientos: un testigo absoluto sin aplicación (T0), tres aplicaciones de Azokop a una dosis de 3 L·ha⁻¹ (T1) y tres aplicaciones de un testigo comercial (i.a. Leonardita). Las aplicaciones para todos los tratamientos comenzaron a mediados de octubre, con el inicio de flush de crecimiento de raíces.

Para determinar el efecto de los tratamientos se evaluó: (i) retención de frutos, (ii) índice CCI y temperatura de hoja, (iii) conductancia estomática, (iv) potencial hídrico de tallo y (v) reservas nitrogenadas.

Considerando las condiciones de desarrollo de este ensayo es posible concluir que las aplicaciones del bioestimulante Azokop y del testigo comercial no generaron efectos significativos sobre la retención de frutos, el índice de contenido de clorofila (CCI) ni el estado nutricional foliar. Sin embargo, a los 19 días posteriores a la tercera aplicación, Azokop indujo una disminución significativa en la temperatura superficial de hoja y un aumento en la conductancia estomática, lo que sugiere una mejora en el estado fisiológico de las plantas bajo condiciones de una restricción hídrica de 24 horas. La conductancia estomática se mantuvo en valores superiores a 200 mmol·m⁻²·s⁻¹ durante todo el período de evaluación, lo que indica una adecuada disponibilidad hídrica. Asimismo, los valores de potencial hídrico de tallo se mantuvieron dentro de rangos compatibles con condiciones sin estrés, siendo menos negativos en plantas tratadas con Azokop y el testigo comercial respecto al Control. Adicionalmente, ambas formulaciones de bioestimulantes promovieron un incremento significativo en el contenido de arginina en raíces.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de las aplicaciones de Azokop sobre los parámetros fisiológicos y reservas nutricionales en poscosecha de cerezos cv. Lapins.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un huerto comercial de cerezos perteneciente al Fundo San Manuel, en la comuna de Graneros (34°03'15.6" Latitud Sur - 70°42'11.7" Longitud Oeste), Región de O'higgins, Chile.

Datos del cultivo

Nombre científico	<i>Prunus avium</i> L.
Variedad	Lapins
Portainjerto	Colt
Año de plantación	2012
Distancia de plantación	4,5 x 2,5 m ²
Sistema de conducción	V
Sistema de riego	Goteo
Duración del ensayo	04-01-2024 al 26-06-2025



Figura 1. Plantas de cerezo cv. Lapins correspondientes al ensayo.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en las aplicaciones de Azokop y testigo comercial, en distintas dosis definidos según la actividad de raíces (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos, dosis y momentos de aplicación en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Producto	Dosis (L·ha ⁻¹)	Mojamiento (L·ha ⁻¹)	Número de aplicaciones	Momento de aplicación
T0	Control	---	---	---	---
T1	Azokop	3	---	3	ABC
T2	Testigo comercial (i.a Leonardita)	30	---	3	ABC

Donde:

A: Inicio flush de crecimiento de raíces (15-10-2024)

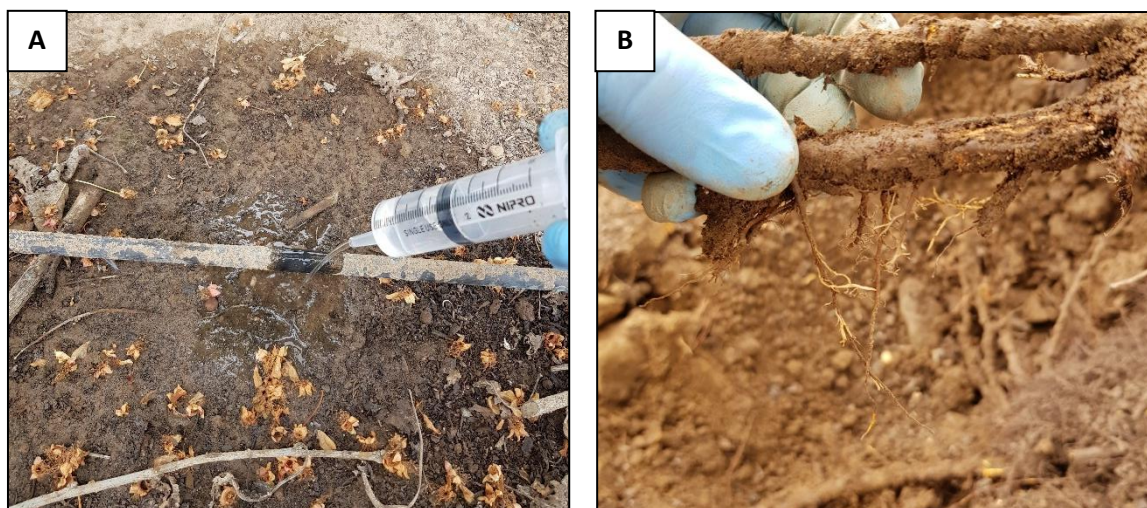
B: Peak flush de crecimiento de raíces (28-10-2024)

C: Poscosecha (17-01-2025)

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron de forma localizada, directamente bajo el bulbo de mojamiento generado por cada gotero, mediante la inyección de 60 cc de solución por gotero. Para asegurar una adecuada incorporación del producto en el perfil del suelo, se coordinó previamente con el encargado del huerto la ejecución de un riego antes y después de cada aplicación.

Las dosis fueron calculadas extrapolando el volumen de solución aplicado por planta, en función del marco de plantación del huerto y para el cálculo de agua utilizada, se extrapoló al número de goteros por unidad experimental. Asimismo, para la estimación del volumen total de agua utilizado en la aplicación, se consideró el número de goteros correspondiente a cada unidad experimental.

La Figura 4 muestra un registro fotográfico durante la ejecución del ensayo.



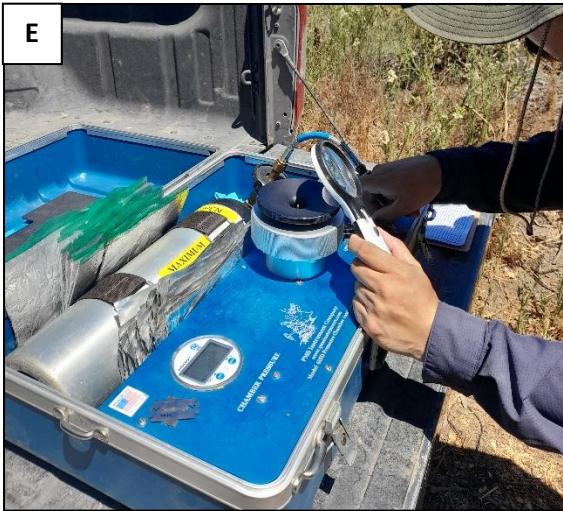




Figura 4. Metodología de aplicación de los tratamientos (A); estado de las raíces al momento de la aplicación “A” realizada el 15-10-2024 (B); estado de las raíces al momento de la aplicación “B” realizada El 28-10-2024 (C); estado de las raíces al momento de la aplicación “C” realizada el 17-01-2025 (D); evaluación de potencial hídrico de tallo (E); conductancia estomática (F); contenido de clorofila (G); toma de muestras de hojas para análisis nutricional (H); toma de muestras de raíces para contenido de arginina (I y J).

Evaluaciones

PRECOSECHA

Cuaja y retención de frutos

El día 12 de octubre de 2025 se marcaron 20 dardos distribuidos en la zona baja, media y alta del árbol en madera de edad mayor o igual a dos años, donde se contabilizaron los frutos recién cuajados. Posteriormente el día 23 de octubre se contabilizaron los frutos retenidos.

POSCOSECHA

Previo a la realización de las mediciones fisiológicas, se instalaron llaves de paso en la hilera donde se montó el ensayo, con el fin de regular el suministro hídrico. Esta intervención tuvo como objetivo inducir una condición de restricción hídrica controlada que favoreciera la expresión de variables fisiológicas asociadas al estrés hídrico inducido por altas temperaturas y radiación solar en el período estival.

Para tal efecto, las llaves de paso fueron cerradas 24 horas o más antes de cada evaluación fisiológica, interrumpiendo temporalmente el riego en el área de estudio. Una vez finalizadas las mediciones, se reanudó el riego mediante la apertura de las llaves, permitiendo restablecer la programación de riego habitual del sector.

Índice CCI y temperatura de hoja

Se seleccionaron 10 hojas maduras y completamente extendidas por cada lado de exposición de la planta central de cada unidad experimental, donde se realizó un seguimiento 7 y 19 días después de la aplicación "C".

Conductancia estomática (Gs)

En los mismos momentos en los que se midió el índice CCI y la temperatura de hoja, se seleccionaron 2 hojas sin daños, totalmente extendidas y expuestas, ubicadas en la zona media de la planta central de cada unidad experimental y del sector con mayor exposición solar. Esta evaluación se realizó mediante el uso de un porómetro y los resultados se expresaron en $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$.

Potencial hídrico de tallo (Ψ_x)

En los mismos momentos en los que se evaluó la conductancia estomática, se seleccionaron 2 hojas sanas, totalmente extendidas y no expuestas al sol, ubicadas en la zona media de la planta central de cada unidad experimental, mediando el uso de una cámara de presión tipo Scholander (-Bar).

Reservas nitrogenadas

El 26 de junio de 2025, se colectó una muestra de raíces por repetición, las cuales fueron enviadas a un laboratorio externo donde se determinó el contenido de arginina por gramo de muestra.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA) con tres tratamientos y cinco repeticiones cada uno, con una unidad experimental de 5 plantas.

Para comparar los tratamientos, las medias de cada evaluación se sometieron a un análisis de modelos lineales generales y mixtos (MLMix) y a un análisis de modelos lineales generalizados mixtos (MLGM). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (p -valor $< 0,05$), las medias fueron separadas mediante una prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher con un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS

Retención de frutos

En el Cuadro 4 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de cuaja y retención de frutos. Tres días previos a la aplicación de los tratamientos, se seleccionaron y marcaron 20 dardos por unidad experimental, cada uno con 4 a 10 frutos sin daños ni partiduras, y con potencial comercial a cosecha. En esta etapa inicial se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacándose las plantas del tratamiento con Azokop, el cual presentó un mayor número de frutos cuajados en comparación con el testigo absoluto. Dado estas diferencias previas, para el análisis estadístico de la retención se incorporó como covariable el número de frutos cuajados, resultando esta variable significativa (p -valor $< 0,05$), lo que indica una asociación directa entre la cantidad de frutos cuajados y la retención final.

La retención de frutos se expresó tanto en valores absolutos por dardo como en proporción relativa al número de frutos cuajados. Si bien no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para ninguna de las dos expresiones, se observó una tendencia a mayores valores promedio en las plantas tratadas, independiente del ingrediente activo, respecto al tratamiento control.

Cuadro 4. Medias ajustadas según MLMix y MLGL para los parámetros de cuaja y retención de frutos en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Cuja	Retención	Retención (fr·fc ⁻¹)
	n°frutos·dardo ⁻¹		%
T0 (Control) ¹	10,29 b ²	7,81	72,46
T1 (Azokop-ABC)	11,24 a	8,06	74,89
T2 (TC-ABC)	10,84 ab	8,15	75,59
<i>p</i> -valor	0,0058	0,3720	0,2292
covariable	--	<0,0001	--

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). fr= frutos retenidos; fc= frutos cuajados. ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (p -valor $>0,05$).

Seguimiento índice de CCI

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del seguimiento del índice de contenido de clorofila (CCI) en hojas, evaluado a los 7 y 19 días posteriores a la tercera aplicación. El índice CCI es un parámetro indirecto del contenido de clorofila en hojas, donde valores más altos indican una mayor concentración de clorofila, lo que se traduce visualmente en hojas de tonalidad más verde.

Los resultados muestran que, hacia fines de enero, el contenido de clorofila alcanzó un promedio de 21 unidades CCI, seguido por una disminución a aproximadamente 15 unidades doce días después. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las fechas de evaluación, lo que sugiere que las aplicaciones de Azokop y testigo comercial no generaron un efecto detectable sobre esta variable fisiológica.

Cuadro 5. Medias ajustadas según MLMix para el seguimiento del índice de ICC en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Seguimiento CCI	
	24-ene	05-feb
T0 (Control) ¹	21,85	15,5
T1 (Azokop-ABC)	21,56	15,2
T2 (TC-ABC)	21,23	15,2
<i>p</i> -valor	0,4831	0,6451

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (p -valor>0,05).

Seguimiento temperatura de hoja

En los mismos momentos de las evaluaciones del índice CCI se registró la temperatura de hoja a medio día solar, mediante el uso de un termómetro infrarrojo. La temperatura de la hoja es uno de los indicadores utilizados para medir el estado hídrico de las plantas, no obstante, existe una alta variabilidad en los resultados, ya que depende de las condiciones climáticas en las que se realicen las evaluaciones.

En el Cuadro 6 se describe el comportamiento de la temperatura 7 y 19 días posteriores a la tercera aplicación. Siete días posteriores a la aplicación, la temperatura alcanza los 26 °C promedio, sin evidenciar un efecto significativo de los tratamientos sobre esta variable. No obstante, diecinueve días posteriores a la última aplicación, fueron las plantas tratadas con Azokop, las que muestran significativamente las menores medias, diferenciándose del testigo absoluto y comercial.

Cuadro 6. Medias ajustadas según MLMix para el seguimiento de la temperatura de hoja en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Seguimiento temperatura de hoja (°C)	
	24-ene	05-feb
T0 (Control) ¹	26,51	27,4 a ²
T1 (Azokop-ABC)	26,55	26,9 b
T2 (TC-ABC)	26,31	27,7 a
<i>p</i> -valor	0,4484	0,0003

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (p -valor>0,05).

Seguimiento conductancia estomática (Gs)

Paralelamente a las mediciones de índice de clorofila (CCI) y temperatura foliar, se realizó un seguimiento de la conductancia estomática (Gs) mediante un porómetro, instrumento que permite estimar el estado hídrico de las plantas. En cerezos, valores de Gs inferiores a 200 mmol·m⁻²·s⁻¹ se asocian con condiciones de estrés hídrico moderado.

La aplicación de microorganismos bioestimulantes formulados a base de bacterias benéficas promotoras del crecimiento vegetal contribuye a mejorar la funcionalidad metabólica de las plantas. Este efecto se refleja en una mayor apertura estomática, lo cual favorece la captación de carbono atmosférico y sostiene la actividad fotosintética, incluso tras eventos de estrés térmico.

El Cuadro 7 presenta los resultados de conductancia estomática evaluados a los 7 y 19 días posteriores a la última aplicación. En la primera medición, las plantas tratadas con Azokop mostraron los valores más altos de Gs, diferenciándose significativamente del testigo comercial. En la segunda evaluación, se observó un efecto significativo de Azokop sobre la conductancia estomática, con valores superiores y estadísticamente distintos respecto al testigo absoluto y comercial.

Cuadro 7. Medias ajustadas según MLMix para el seguimiento de conductancia estomática en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Seguimiento conductancia estomática (Gs)	
	24-ene	05-feb
T0 (Control) ¹	522,94 ab ²	366,14 c
T1 (Azokop-ABC)	591,55 a	543,66 a
T2 (TC-ABC)	457,29 b	435,57 b
<i>p</i> -valor	0,0144	0,0003

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (*p*-valor>0,05).

Seguimiento potencial hídrico de tallo (Ψ_x)

De forma complementaria a las evaluaciones previamente descritas, se realizó la medición del potencial hídrico de tallo, variable que actúa como un indicador indirecto del estado hídrico de la planta y, por ende, de su nivel de estrés hídrico. Valores más negativos de este parámetro se asocian con un mayor grado de estrés en plantas.

Cabe señalar que el potencial hídrico de tallo presenta una alta variabilidad, influenciado por las condiciones ambientales al momento de la medición, tales como temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar. Esta variabilidad puede manifestarse tanto a lo largo del día como entre días consecutivos. En cerezos adultos bajo condiciones de ausencia de restricción hídrica y clima mediterráneo, se han reportado valores en el rango de -5 a -8 bares, mientras que niveles inferiores a -12 bares son indicativos de un estrés hídrico severo.

El Cuadro 8 muestra los resultados del potencial hídrico de tallo a los 7 y 19 días posteriores a la tercera aplicación. En la primera evaluación, se observó un efecto significativo de los tratamientos con Azokop y el testigo comercial, evidenciando valores de potencial menos negativos en comparación con el testigo absoluto, lo que sugiere una mejor condición hídrica. Sin embargo, en la segunda evaluación, estas diferencias no se mantuvieron, registrándose valores similares entre todos los tratamientos, sin diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 8. Medias ajustadas según MLMix para el seguimiento de potencial hídrico de tallo en cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Potencial hídrico de tallo (Ψ_x)	
	24-ene	05-feb
T0 (Control) ¹	-10,3 a ²	-10,5
T1 (Azokop-ABC)	-9,5 b	-11,2
T2 (TC-ABC)	-10,2 b	-10,6
<i>p</i> -valor	0,0510	0,1722

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (*p*-valor>0,05).

Análisis nutricional foliar

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis nutricional foliar realizado posterior a la cosecha. Esta evaluación tuvo como objetivo determinar el efecto de los tratamientos sobre el estado nutricional del cultivo, a partir de la concentración de elementos esenciales en el tejido foliar.

Los resultados indican que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con Azokop, el testigo comercial y el testigo absoluto en cuanto a la concentración de los elementos evaluados. Asimismo, se constató que la mayoría de los nutrientes se encuentran dentro de los rangos de suficiencia establecidos para la especie y el tejido analizado, con excepción del nitrógeno en el tratamiento control, cuyos valores fueron menores al rango adecuado (2,0 - 2,6 mg·100 g⁻¹), y del boro, que presentó concentraciones mayores al rango óptimo (20 y 60 ppm).

Cuadro 9. Medias ajustadas según MLMix para los diferentes elementos del análisis nutricional en hojas de cerezo cv. Lapins.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	mg·100 g ⁻¹						ppm			
T0 (Control) ¹	1,94	0,24	1,19	3,39	0,60	171,40	64,20	30,80	13,60	87
T1 (Azokop-ABC)	2,07	0,25	1,33	3,18	0,58	157,20	68,00	30,40	13,60	89
T2 (TC-ABC)	2,08	0,28	1,30	3,11	0,57	149,00	65,80	29,80	13,00	87
<i>p</i> -valor	0,1834	0,2443	0,0404	0,2263	0,2426	0,1683	0,9124	0,8856	0,6816	0,3750

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (*p*-valor>0,05).

Reservas nitrogenadas

A finales del mes de junio, se colectaron muestras de raíces por repetición a las cuales se les determinó el contenido de reservas nitrogenadas, específicamente arginina. Los resultados indican que las aplicaciones de Azokop y testigo comercial, realizadas desde inicio de flush de crecimiento de raíces hasta la poscosecha, durante el mes de enero, promovieron un incremento significativo en los niveles de arginina en comparación con el testigo absoluto sin aplicación (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias ajustadas según MLMix para el contenido de arginina evaluado en raíces de cerezos cv. Lapins.

Tratamiento	Contenido de arginina
	mg·g ⁻¹
T0 (Control) ¹	12,55 b ²
T1 (Azokop-ABC)	16,52 a
T2 (TC-ABC)	16,84 a
<i>p</i> -valor	0,0107

¹/Entre paréntesis se indican los productos y momentos de aplicación (TC= Testigo comercial). ²/ Medias unidas por igual letra, no son significativamente diferentes, según PCM LSD Fisher (*p*-valor>0,05).

CONCLUSIONES

Considerando las condiciones de este ensayo, se puede concluir que:

- Las aplicaciones de Azokop y testigo comercial no generan un efecto significativo sobre la retención de frutos en cerezos cv. Lapins.
- El índice de contenido de clorofila (CCI) en hojas de cerezos cv. Lapins no fue significativamente afectado por las aplicaciones de Azokop ni por el testigo comercial.
- A los 19 días posteriores a la tercera aplicación de Azokop, se registró una disminución significativa en la temperatura superficial de las hojas en cerezos cv. Lapins.
- La conductancia estomática se mantuvo por sobre $200 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ durante todo el período de evaluación, lo que indica ausencia de estrés hídrico. A los 19 días posteriores a la tercera aplicación, las plantas tratadas con Azokop presentaron valores significativamente superiores en comparación con el testigo absoluto y comercial.
- El potencial hídrico de tallo varió entre los -9,5 y 11,2 Bares, indicativos de una ausencia de estrés hídrico. Las aplicaciones de Azokop y testigo comercial promovieron potenciales hídricos menos negativos en comparación al testigo absoluto en cerezos cv. Lapins.
- El estado nutricional foliar de las plantas de cerezos cv. Lapins no fue significativamente modificado por las aplicaciones de Azokop ni por el testigo comercial, manteniéndose la mayoría de los elementos evaluados dentro de rangos adecuados.
- Las aplicaciones de Azokop y testigo comercial aumentan significativamente el contenido de arginina en raíces, respecto al testigo absoluto en cerezos cv. Lapins.