

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
(Organizadores)

Ciência em Foco

2019



Pantanal Editora

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
(Organizadores)

Ciência em Foco



Pantanal Editora

2019

Copyright© Pantanal Editora
Copyright do Texto© 2019 Os Autores
Copyright da Edição© 2019 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira
Prof. Dr. Jorge González Aguilera

Diagramação: Armando Céspedes Figueredo
Edição de Arte: Amando Céspedes Figueredo
Revisão: Os Autores

Conselho Editorial

- Prof^ª. Dr^ª. Albys Ferrer Dubois – UO
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas Rodrigues Oliveira – Município de Chapadão do Sul
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFC
- Prof^ª. Dr^ª. Yilan Fung Boix - UO

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior - UNEMAT
- Esp. Maurício Amormino Júnior - UFMG

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| C569 | Ciência em foco [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Bruno Rodrigues de Oliveira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2019. 202 p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-81460-00-6 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharias – Pesquisa – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Oliveira, Bruno Rodrigues de. CDD 630.72 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Pantanal Editora
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso - Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
www.editorapantanal.com.br
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

O avanço da Ciência tem promovido o desenvolvimento de inúmeras tecnologias que tende a proporcionar o incremento da produção de alimentos, a melhoria da qualidade de vida da população, a preservação e sustentabilidade do planeta. Todavia, além da geração de novos conhecimentos é necessário a dispersão para o público alvo. Algo que geralmente é negligenciado por muitos autores, pois, se limitam apenas em publicar um artigo científico.

Nesse aspecto, a “Pantanal Editora” surgiu com a missão de “publicação de trabalhos de pós-doutorado, teses, dissertações, monografias, trabalhos de conclusão de curso, ensaios e artigos científicos” com o lema "Ciência com consciência". Nossos valores são construídos sob esse alicerce. Qualidade, ética, relevância acadêmica e impacto social, norteiam nossos trabalhos. Diferentemente de outras editoras, nós procuramos pesquisadores que estejam dispostos a fazerem capítulos que passaram por revisões criteriosas e não somente aplicar o binômio pagou-publicou.

Além disso, tem como visão “A ciência é vital para o desenvolvimento humano, e seu progresso somente é possível quando apoiado sobre o conhecimento científico passado. Por isso a divulgação dos trabalhos científicos é essencial para que a ciência possa alcançar a todos, transformando nossa sociedade.”

Com base nesses pilares, a “Pantanal Editora” orgulhosamente apresenta em seu primeiro livro “Ciência em Foco”, em seus 22 capítulos, avanços nas áreas de Ciências Agrárias e da Engenharia. Conhecimento estes, que irá agregar muito aos seus leitores, entre os assuntos, adubação nitrogenada na soja, diversidade genética de cultivares de mandioca, produção de mudas, magnetismo na agricultura, técnicas de avaliação do sistema radicular das plantas, percepção ambiental de alunos, análise de gestão de resíduo sólidos, conservação de estradas, sustentabilidade e responsabilidade social. Portanto, fica evidente que essas pesquisas procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira

SUMÁRIO

Ciências Agrárias

| | |
|--|-----|
| Capítulo 1 | 6 |
| Características agronômicas da soja em função da adubação nitrogenada associada à inoculação de <i>Bradyrhizobium japonicum</i> | |
| Capítulo 2 | 14 |
| Caracterização e diversidade genética de germoplasma de mandioca-de-mesa da região urbana de Chapadão do Sul, MS | |
| Capítulo 3 | 30 |
| Caule decomposto de buritizeiro e doses de nitrogênio no crescimento de <i>Acacia mangium</i> Willd | |
| Capítulo 4 | 35 |
| Determinação de atributos radiculares de culturas anuais através de amostras destrutivas e auxílio de aplicativo computacional para processamento de imagens | |
| Capítulo 5 | 52 |
| Influencia del agua tratada magnéticamente en el contenido de clorofilas y formación de cristales de oxalato de calcio en bulbos de <i>Allium cepa</i> L. | |
| Capítulo 6 | 61 |
| Influência de culturas de cobertura na emergência do fedegoso (<i>Senna obtusifolia</i>) | |
| Capítulo 7 | 69 |
| Percepção Ambiental dos alunos do 5º ano da escola Estadual Jorge Amado em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil | |
| Capítulo 8 | 79 |
| Respuestas de semillas ortodoxas de especies hortícolas bajo el efecto de un campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja | |
| Capítulo 9 | 91 |
| Stimulation of physiological parameters of <i>Rosmarinus officinalis</i> L. with the use of magnetically treated water | |
| Capítulo 10 | 102 |
| Manejo de una finca de ganado menor: desafíos del desarrollo e implementación agropecuaria en Santiago de Cuba | |
| Capítulo 11 | 120 |
| Métodos para estudo da dinâmica de raízes | |
| Capítulo 12 | 138 |
| Use of GREMAG® technology to improve seed germination and seedling survival | |

Engenharias

| | |
|--|-----|
| Capítulo 13 | 150 |
| Análise da gestão dos resíduos sólidos da construção civil: estratégias e estudo de caso no município de Nova Xavantina – MT | |
| Capítulo 14 | 159 |
| Análise do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Nova Xavantina – MT | |
| Capítulo 15 | 170 |
| Conservação e manutenção de estradas não pavimentadas: estudo técnico da Rodovia MT – 448 | |
| Capítulo 16 | 186 |
| Sustentabilidade e responsabilidade social: habitações populares de acordo com a NBR 15.575 | |

Influencia del agua tratada magnéticamente en el contenido de clorofilas y formación de cristales de oxalato de calcio en bulbos de *Allium cepa* L.

Elizabeth Isaac Alemán^{1*}

Ernesto Ibrahín del Pozo Despaigne²

Kirenia Sánchez Morell³

Yilan Fung Boix¹

Albys Esther Ferrer Dubois¹

Jorge González Aguilera⁴

Alan Mario Zuffo⁴

INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones del campo magnético está en la agricultura, en la cual se han realizado numerosos experimentos con el objetivo de incrementar el rendimiento en cultivos, mejorar características agronómicas, químicas y biológicas en las plantas, y mitigar algunos problemas presentes en suelos y aguas empleados para fines agrícolas, obteniéndose resultados positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fung et al., 2008; Hozayn; Abdul Qados, 2010; Maffei, 2014; Ahmed; El-KAder, 2016; Aguilera; Martin, 2016; Ferrer et al., 2018; Aguilera et al., 2018).

Varios autores han determinado que la aplicación de un campo magnético externo en el agua produce cambios en la estructura atómica y molecular, conduciendo a diferencias en la viscosidad, punto de ebullición y otras propiedades físico – químicas del agua (Pang; Deng, 2008), disminuyendo en la formación de la estructura cristalina. Al mismo tiempo el agua tratada magnéticamente puede provocar un incremento en la humedad del suelo en comparación con el control, jugando un papel importante en la disminución de la cantidad de agua utilizada para el riego (Surendran et al., 2016).

¹ Universidad de Oriente, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Ave. Las Américas, s/n, Apto 4078, CP 90400, Santiago de Cuba, Cuba.

² Empresa de Proyectos. Delegación Provincial de la Agricultura. Paseo Martí. CP 90100. Santiago de Cuba, Cuba.

³ Casa de Cultivos Protegidos Campo Antena. Autopista Nacional. Santiago de Cuba, Cuba.

⁴ Departamento de Agronomía, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Chapadão do Sul, MS, Brasil.

* Autor de correspondencia: elizabetha@uo.edu.cu

La absorción de sales por las plantas que reciben riego con agua tratada magnéticamente, puede evaluarse a partir de la evaluación de la formación de oxalato de calcio. La formación de estos cristales es un proceso esencial en la mayoría de las especies de plantas conocidas y en algunos casos cerca del 90 % del calcio total en la planta puede encontrarse secuestrado en forma de cristales de oxalato de calcio, aunque este porcentaje varía entre las diferentes especies de plantas. La formación de dichos cristales es de importancia para las plantas ya que se ha propuesto que los cristales de oxalato de calcio pueden actuar como depósitos inertes para metales pesados como Zn, Cd, Sr, Pb, actúan como soporte estructural o como dispersores o concentradores de los rayos luminosos lo cual favorece la fotosíntesis (Hernández et al., 1999).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del agua tratada magnéticamente en la formación de cristales de calcio en bulbos de cebolla y su relación con el contenido de pigmentos clorofílicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), perteneciente a la Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Los experimentos se desarrollaron sobre un suelo pardo sin carbonato, según la versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández et al., 1999). Las características químicas del suelo fueron evaluadas y obtenidas por medio de Cromatografía de Plasma Inductivamente Acoplado (siglas en inglés ICP) y se detallan en la Tabla 1.

Además, se determinó el pH y la conductividad eléctrica, por el método de sobresaturación del suelo, para lo cual se pesaron 80 g de suelo seco y se colocó en un recipiente de plástico, al que se le agregó agua destilada con una bureta y se mezcló con espátula hasta la saturación. Luego se golpeó el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo para asentar el suelo. El volumen de agua fue de 60 ml. Se dejó reposar la pasta por 1 h y se comprobó el grado de saturación. Se tapó el recipiente y se dejó reposar por 24 horas por ser un suelo arcilloso. Posteriormente se realizó la extracción del agua con papel de filtro y embudo, que se conectó a un sistema de filtración al vacío hasta obtener un extracto de aproximadamente 50 mL.

La determinación de pH y conductividad eléctrica se realizó con pHmetro marca MV 88 PRACITORNIC (Alemania) y un conductímetro Modelo DDSJ-308^a respectivamente, según obteniendo valores de pH entre 7,09 – 8,2 y conductividad en un rango de 1,39-2,01 mS cm⁻¹.

Tabla 1. Características químicas del suelo da área experimental, determinadas por Cromatografía de Plasma Inductivamente Acoplado.

| Elementos Minerales | Concentración (ppm) |
|-------------------------------|---------------------|
| Hiero (Fe ³⁺) | 4,65 |
| Cobalto (Co ²⁺) | 0,0015 |
| Aluminio (Al ³⁺) | 7,54 |
| Magnesio (Mg ²⁺) | 1,145 |
| Manganeso (Mn ²⁺) | 0,19 |
| Calcio (Ca ²⁺) | 1,675 |
| Potasio (K ⁺) | 0,74 |
| Cromo (Cr ²⁺) | 0,01 |
| Sodio (Na ⁺) | 1,35 |

Fue empleado un diseño experimental completamente aleatorizado, con dos tratamientos [uno con agua tratada magnéticamente (CTM) y otro sin (STM)], con 3 repeticiones por tratamiento. Para la implementación del tratamiento magnético al sistema de riego se utilizó un magnetizador con un rango de inducción en la zona central de 0.8-0.9 T. Se realizó la determinación de parámetros físico-químicos en el agua de riego, obteniéndose los datos que son descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos en el agua de riego empleada en el experimento.

| Característica | Valores | Característica | Valores |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Dureza Total* | 404,37 mg L ⁻¹ | Turbidez | 222,2 FTU |
| Dureza Cálctica* | 174,92 mg L ⁻¹ | Clorofila total | 9,4 µg L ⁻¹ |
| Dureza Magnésica* | 229,45 mg L ⁻¹ | Clorofila de cianobacterias | 0,0 µg L ⁻¹ |
| Alcalinidad Total* | 430,67 mg L ⁻¹ | pH (25°C) | 7,84 |
| Bicarbonato* | 430,67 mg L ⁻¹ | Conductividad eléctrica (25°C) | 885 µS cm ⁻¹ |
| Cloruros | 61,8 mg L ⁻¹ | Salinidad | 0,00 % |
| Oxígeno Disuelto | 8,21 mg L ⁻¹ | Sólidos Totales Disueltos | 589 mg L ⁻¹ |

*la determinación de estos parámetros es en función de la concentración de CaCO₃

Determinación de concentración de pigmentos clorofilicos

Se seleccionó 1 g de masa fresca de hojas para obtener el extracto de la clorofila tanto para el tratamiento como para el control. Las hojas se maceraron en mortero de porcelana con etanol al 70%. Posteriormente se filtran con papel de filtro y se completa a un volumen de 25 mL con etanol.

La absorbancia de los extractos usados fueron 645 y 665 nm con un espectrofotómetro de UV-Vis (Perkin Elmer, el mod. Lambda 25), según el método modificado de Meyer-Berthenrath (Isaac et al., 2011) (ecuaciones 1 y 2):

$$Cl a = \frac{12,3 E (665) - 0,86 E (645) v}{1000dw} \quad (1)$$

$$Cl\ b = \frac{19,3\ E\ (645) - 3,6\ E\ (645)\ v}{1000dw} \quad (2)$$

donde:

Cl a y Cl b contenido de clorofila A y B (mg g^{-1}), E (l) es la longitud de onda, d es el ancho de la celda (1 centímetro), v es el volumen 70 % extracto del etanol (mL): 25 mL, w es el peso del tejido (g): 1 g de muestra en peso fresco.

Determinación de dimensiones de los cristales de oxalato de calcio

Las determinaciones de las dimensiones de los cristales de oxalato de calcio se realizaron utilizando una muestra del bulbo de las cebollas que reciben riego con agua tratada magnéticamente y el grupo control. Se realizaron cortes de la epidermis del bulbo, los que se colocaron en vidrio reloj y se les adicionó dos gotas de solución de safranina durante cinco minutos. Las láminas de tejidos se colocaron en porta objeto y se observaron en microscopio a 10x y 40x. Las dimensiones de los núcleos se realizaron con el software Imagen Tool 3,00 para Windows 7. La solución de safranina se preparó a partir de 1 g de la sustancia en 100 ml de agua a 50°C.

Análisis Estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de variancia (ANOVA) de Clasificación Simple y un test t, para para la comparación. Se utilizó el Software de paquete estadístico STATGRAPHICS versión 15.0 para realizar los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según las normas de Riverside al evaluar la calidad de las aguas de riego se puede determinar los parámetros físico-químicos y con estos dar un diagnóstico de calidad (Tabla 2). El agua empleada después de los análisis físico-químicos mostró una conductividad eléctrica alta, un nivel de sodio bajo, y con eso podemos afirmar que es una agua utilizable para el riego con precauciones.

En la Figura 1, referente a la determinación de pigmento de clorofila *a*, clorofila *b* y clorofila *a + b* se observa que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la clorofila *a* para CTM y STM disminuyendo en un 0,09 % en el tratado con respecto al control. En el caso de la clorofila *b* se observa que existen diferencias significativas entre el CTM y el STM aumentando el tratado con respecto al control en un 0,11 %. Lo mismo ocurre para las clorofilas totales que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el CTM y el STM con aumento del tratado con respecto al control en un 0,27 %.

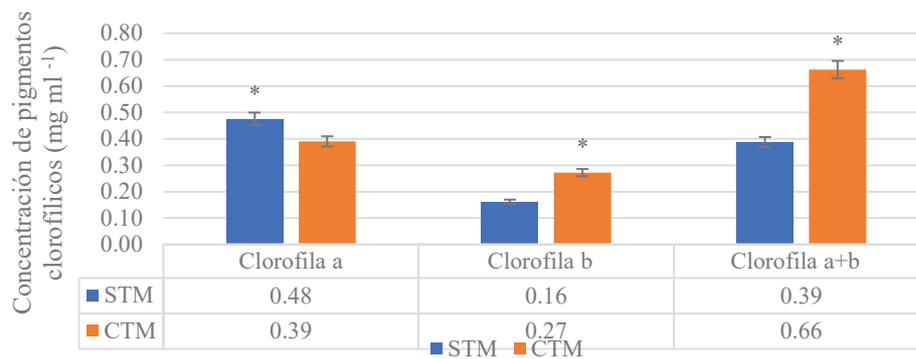


Figura 1. Resultados del efecto del riego con agua tratada magnéticamente en el contenido de clorofilas a, b y a + b en plantas de *Allium cepa* obtenidas en cultivo protegido. Plantas de Cebolla Sin Tratamiento Magnético (STM). Plantas de Cebolla Con Tratamiento Magnético (CTM). * representa que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Como se observa, el tratamiento magnético aumentó el contenido de clorofilas b y clorofilas totales, lo que coincide con los resultados obtenidos por Racuciu et al. (2006) quienes obtuvieron un incremento en el contenido de clorofila b y pigmentos carotenoides, con inducciones de 50 mT, por lo que se puede inferir, que hubo una elevada actividad fotosintética asociada a un incremento en la concentración de pigmentos clorofílicos. Estos resultados pueden explicar también el incremento obtenido al evaluar el efecto del tratamiento magnético de la cebolla variedad Red creole sobre diferentes parámetros, entre ellos longitud de las hojas, diámetro y peso del bulbo observándose un efecto estimulante del agua tratada sobre los parámetros evaluados, fundamentalmente en las últimas observaciones realizadas, redundando en una mayor producción (Méndez et al., 2005). Lo anterior pudiera estar relacionado con el incremento de clorofilas totales en las plantas que reciben el tratamiento magnético con respecto al control, una vez que se conoce que el índice de clorofila (clorofila a/clorofila b) es utilizado como un indicador para la captación de actividad energética (LHC II), el que controla la primera etapa de conversión de energía solar a química (Racuciu et al., 2006).

Los campos magnéticos incrementan la energía contenida en los cloroplastos debido a sus propiedades paramagnéticas. Esto provoca que los átomos de los cloroplastos se alineen hacia la dirección del campo magnético externo lo que consecuentemente acelera el metabolismo y la germinación por la acumulación de energía (Moussa, 2011). Todo lo anterior ejerce un consecuente efecto en el contenido de pigmentos clorofílicos en las plantas tratadas con respecto al control (Aleman et al., 2014; Moussa; Hozayn, 2018).

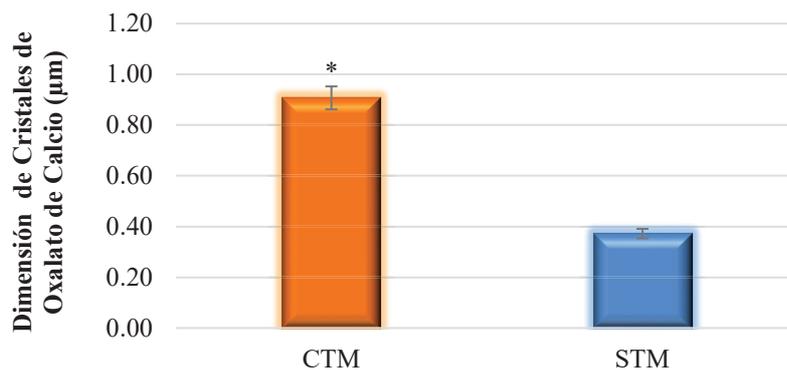


Figura 2. Resultados del efecto del riego con agua tratada magnéticamente en cristales de oxalato de calcio en Bulbos de *Allium cepa* obtenidas en cultivo protegido. Plantas sin riego con tratamiento magnético (STM). Plantas con riego con tratamiento magnético (CTM). * representa que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

El efecto del tratamiento magnético fue estimado en la concentración de cristales de oxalato de calcio. En la Figura 2, se muestra el promedio de las dimensiones de los cristales de oxalato de calcio presentes en el tejido epitelial de bulbos de *Allium cepa*, con y sin tratamiento magnético, obteniendo diferencias significativas entre los dos tratamientos, con un incremento del 85 % del tamaño de los cristales.

Se plantea que el tratamiento magnético provoca un cambio de la estructura molecular del agua, e influye en su estructura cristalina, provocando una mayor disolución de las sales (Pang, 2005; 2006; Pang; Deng, 2008) observándose una disminución en el tamaño de los cristales presente en la misma. Todo indica, que entonces las sales atraviesan con mayor facilidad las membranas celulares, y específicamente las sales de calcio incrementan su concentración al interior de la célula. Estas sales que se encuentran en mayor concentración se reorganizan en el espacio intracelular, y por esto se observa que los cristales en las plantas tratadas tienen mayor tamaño con respecto al control (Figura 3).

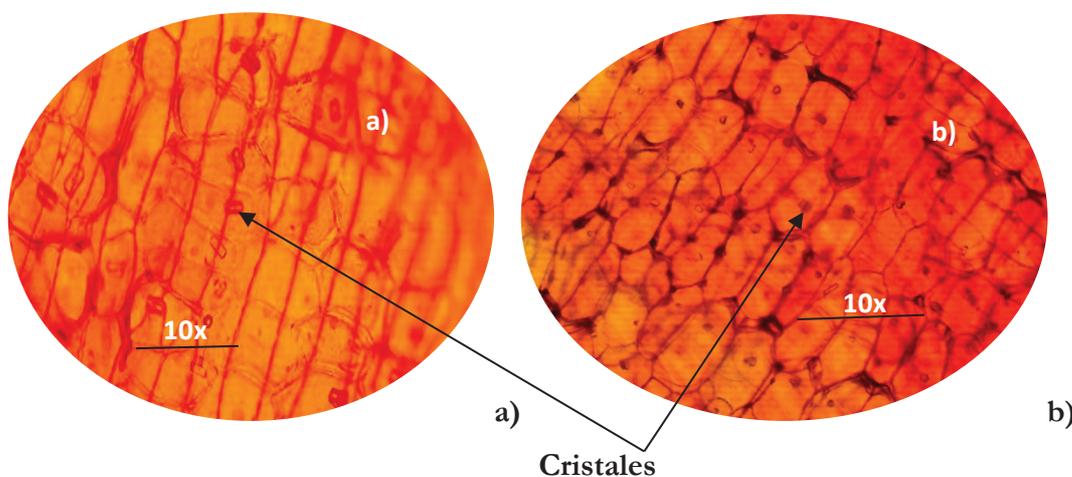


Figura 3. Cristales de oxalato de calcio en cortes de células epidérmicas de bulbos de cebolla con agua tratada magnéticamente obtenidas en cultivo protegido. A) Con tratamiento magnético y B) Sin tratamiento magnético.

La formación de dichos cristales es de importancia para las plantas ya que se ha propuesto que los cristales de oxalato de calcio pueden actuar como depósitos inertes para metales pesados como Zn, Cd, Sr, Pb, actúan como soporte estructural o como dispersores o concentradores de los rayos luminosos lo cual favorece la fotosíntesis (Jáuregui-Zúñiga; Moreno, 2004).

Estos cristales se forman en células llamadas idioblastos que son células especializadas para la formación de Ca^{2+} en forma de oxalato de calcio cristalino. Los idioblastos jóvenes son células extremadamente activas en relación a la síntesis de proteínas, además poseen una gran cantidad de mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas y retículo endoplasmático, orgánulos asociados con los procesos metabólicos, los cuales proveen la energía para el secuestro del calcio, la síntesis de proteínas, lípidos, polisacáridos y la producción de ácido oxálico (Jáuregui-Zúñiga; Moreno, 2004).

Aunque su significado funcional en el desarrollo de la planta aún no está claro, varias funciones han sido atribuidas a los mismos: regulación del calcio en las células vegetales, protección contra los herbívoros, desintoxicación de metales pesados o ácido oxálico, fortaleza al tejido, absceso a la luz y reflexión (Belyavskaya, 2001). Sin embargo, su estudio puede contribuir a esclarecer como los minerales que se disuelven con mayor facilidad en el suelo y el agua con tratamiento magnético son absorbidos con mayor facilidad por las plantas.

A manera de conclusión al evaluar la efectividad del riego con agua tratada magnéticamente se obtuvo que el tratamiento tuvo un efecto positivo en el aumento en el tamaño de los cristales de oxalato de calcio, con un consecuente aumento en el contenido de pigmentos clorofílicos, lo que pudiera relacionarse con un incremento en la actividad fisiológica de las plantas de *Allium cepa* L. obtenidas bajo condiciones de cultivo protegido.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado por brindar el soporte para la realización de esta investigación a través del desarrollo del PNCT – Programa de Producción de Alimentos Humanos, “ Incremento de la producción de hortalizas y café en las condiciones de montaña del macizo Sierra Maestra con el empleo del paquete tecnológico GREMAG.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera JG, Martín RM (2016). Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Brasilian Journal of Sustainable Agriculture*, 6(1): 47-53.

- Aguilera JG, Zuffo AM, García RP, Veitias E, Fung YB (2018). Magnetically treated irrigation water improved the adaptation of *Spathoglottis plicata* produced in vitro. *Amazonian Journal of Plant Research*, 2(2): 195-200.
- Ahmed MEM, Abd El-Kader NI (2016). The influence of magnetic water and water regimes on soil salinity, growth, yield and tubers quality of potato plants. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 5(2): 132 – 143.
- Aleman EI, Moreira RO, Lima AA, Silva SCH, Gonzalez-Olmedo JL, Chalfun-Junior A (2014). Effect of 60 Hz sinusoidal magnetic field on in vitro establishment multiplication and acclimatization phases of *Coffea arabica* seedling. *Bioelectromagnetics*, 35(6): 414-425.
- Belyavskaya NA (2001). Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. *Advances in Space Research*, 28(4): 645–650.
- Ferrer A, Fung F, Isaac E, Beenaerts N, Cuypers A (2018). Phytochemical determination of *Solanum lycopersicum* L. fruits irrigated with water treated with static magnetic field. *Revista Cubana de Química*, 30(2): 232-242.
- Fung Y, Isaac E, Ferrer A, Botta AM (2008). Riego con agua tratada magnéticamente en *Rosmarinus officinalis* L. (romero) como alternativa en la propagación convencional. *Centro Agrícola.*, 35(1): 23-27.
- Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Rivero L (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Editorial AGRINFOR. Ciudad Habana, Cuba, 64p.
- Hozayn M, Abdul Qados AMS (2010). Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4): 671-676.
- Isaac E, Hernández C, Domínguez A, Cruz A (2011). Effect of pre-sowing electromagnetic treatment on seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays* L.). *Revista Agronomía Colombiana*, 29(2): 213-220.
- Jáuregui-Zúñiga D, Moreno A (2004). La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: Retos y Potencial. *Revista de educación bioquímica*, 23(1): 18-23.
- Maffei ME (2014). Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5: 445.
- Méndez OA, González JA, Socarás A, Fung YB (2005). Influencia del agua tratada magnéticamente en el crecimiento y desarrollo de la cebolla (*Allium cepa* L.) var. Red creole. *Ciencia en su PC*, 3: 1-7.
- Moussa H (2011). The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Science Journal*, 4(6): 15–20.

- Moussa Z, Hozayn M (2018). Using of magnetic water technology for the management of brown rot disease of potato. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 9(3): 175 – 180.
- Pang XF (2005). *Quantum Mechanics in Nonlinear Systems*. Singapore: World Scientific Publishing Co., 557-586.
- Pang XF (2006). The conductivity properties of protons in ice and mechanism of magnetization of liquid water. *The European Physic Journal B*, 49(1): 5-23.
- Pang XF, Deng B (2008). Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. *Science in China Series G: Physics, Mechanics & Astronomy*, 51(11): 1-12.
- Racuciu M, Creanga D, Horga I (2006). Plant growth under static magnetic field influence. *Romanian Journal of Physics*, 53(1-2): 353-359.
- Surendran U, Sandeep O, Joseph EJ (2016). The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. *Agricultural Water Management*, 178: 21–29.