

Agricultura tecnificada, limpia y competitiva

Agriculture technified, clean and competitive

Ortiz, Jannet¹; Suárez Devis²; Puentes, Addy Esperanza¹; Marín, Olga²; Mejía, Adrianaz; Suárez, Maikel³; Gómez, César Augusto¹

¹Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Ingenierías

²Fundación Universitaria Agraria de Colombia- Uniagraria. Facultad de Ingenierías

³Instituto de Ciencia Animal – ICA. Departamento de Pastos y Forrajes. Cuba.

Fecha de recepción: diciembre de 2015 / Fecha de aceptación: abril de 2016

Resumen

En la presente investigación se experimentó la automatización y control en invernaderos en los cuales se pueden observar variables como la temperatura, la humedad y la luminosidad. La automatización y control de cultivos permite el conocimiento exacto de variables medio ambientales, además de precisión y optimización de tratamiento a las cosechas, las cuales se transforman en beneficios para los agricultores, tanto en recursos como en calidad de la producción y prevención de enfermedades.

Palabras Clave: automatización, control, cultivos, semillas cultivadas y aplicabilidad de la ingeniería.

Abstract

In this research is automation and control experiment in greenhouses in which you can see variables such as temperature, humidity and light. Automation and control of crops allows the accurate knowledge of environmental variables besides the accuracy and the optimization of crop treatments, which are transformed into benefits for farmers both in resources and production quality and disease prevention.

Keywords: automation, control, crop, cultivated seeds and engineering applicability.

Introducción

Muchos países utilizan cantidades representativas de sus superficies para actividades de agricultura y la ganadería. En Colombia esta superficie equivale a 420000 km², aproximadamente y si se considera que la agricultura representa la mayor proporción de uso de la tierra por el hombre, se logra observar que dicha actividad hace un aporte significativo a la problemática ambiental que se desarrolla en el país.

Las tendencias actuales de la agricultura, estimulan la generación de problemas ambientales dentro de los cuales se pueden mencionar la contaminación, debido al uso de fosfatos, nitratos y plaguicidas. Adicionalmente, la actividad agrícola es fuente antropogénica de gases efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso que favorecen en gran parte a la contaminación del aire y agua, constituyéndose en una de las causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo.

Además de lo previamente expuesto, el uso irracional de las tierras en otros tipos de cultivos, ya sean lícitos como el caso de los cultivos para la producción de biodiesel o ilícitos como las sustancias psicoactivas, afectan la base de su propio futuro, a través de la degradación de la tierra y la producción sostenible.

Lo anterior motiva la búsqueda de nuevos métodos o tecnologías de cultivo que pueden cumplir el papel de ser complemento trascendental para la germinación de

semillas cultivadas. Esto es relevante para lograr la eficacia y eficiencia de las siembras, convirtiéndose en un factor importante en el momento de buenos rendimientos agrícolas. Así mismo, pueden ejercer una función significativa en el almacenamiento de carbono en los suelos, mejoramiento en la filtración del agua y conservación de los paisajes rurales y la biodiversidad.

Por estas razones, el propósito de este estudio fue la creación y monitoreo de un ambiente controlado para la germinación de semillas de maíz, entre las que se encuentran variables como la temperatura, la humedad y la luminosidad, y como valor agregado se expusieron las semillas a campos electromagnéticos, eléctricos y magnéticos. La siembra se realizó en alvéolos de 100 cm³, utilizando fibra de coco previamente desinfectada y humedecida como sustrato. Las bandejas de plantulación se pusieron en cámara de crecimiento a una intensidad luminosa de 3.000 lux, con ciclos de luz de 12h a una temperatura de 23° C.

Está técnica de automatización y control de los cultivos en invernaderos permitió el conocimiento exacto y preciso de las variables de tiempo, humedad y luminosidad las cuales admiten obtener cultivos con mayores beneficios en:

- » Mejora de calidad de la producción, al permitir controlar la cantidad de riego hídrico por planta.
- » Reducir la contaminación por efectos del medio ambiente, al permitir limitar la luminosidad excesiva.

- » Mejora la prevención de enfermedades de las semillas, al permitir controlar de forma precisa los parámetros que inciden en la propagación de enfermedades.
- » Optimizar los recursos, permitiendo aplicar estrategias específicas para cada tipo de suelo (gestión eficaz del riego).
- » Cultivar fuera de época, lo que permite al productor obtener más de una cosecha por ciclo de cultivo.

La metodología del proyecto se desarrolla en la lógica del control y automatización de variables en ambientes controlados, permitiendo el desarrollo satisfactorio y en menor tiempo, además de un alto índice de productividad en los ciclos de cosechas. La elaboración del proyecto se realiza en condiciones controladas y bajo la temática de exposición de las semillas a estímulos de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos como potenciador de poder germinativo, vigor y energía germinativa de las semillas de plantas cultivadas, posibilitando el éxito de un cultivo en su ciclo agronómico. La creación de un invernadero que no es más que una estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro del cual es posible obtener condiciones artificiales del clima, lo que conlleva a cultivar semillas fuera de estaciones en condiciones óptimas y de mayor productividad.

Materiales y métodos

La realización del experimento se llevó a cabo con lotes de semillas de maíz (*Zea*

mays L.) ICA – V – 508, con un porcentaje de germinación de 92 %, suministradas por la empresa Semicol.

La exposición de las semillas a los diferentes campos fue permanente durante 15 días, empleando como testigo semillas sin exponer. La siembra se realizó en alvéolos de 100 cm³ con fibra de coco previamente desinfectada y humedecida como sustrato. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con disposición factorial con tres réplicas por tratamiento y 128 semillas por réplica.

Durante el proceso de germinación, las bandejas se pusieron en una cámara de crecimiento semicontrolada a una intensidad luminosa de 3.000 lux, con ciclos de luz de 12h a una temperatura de 23° C. Se realizó un cuadro comparativo de crecimiento raíz y coleóptilos determinado en cm, se evaluó el porcentaje de germinación al séptimo, octavo y noveno día después de la siembra, así como la acumulación de masa fresca y biomasa al vigésimo día. Se estableció la curva comparativa de crecimiento de cada uno de los tratamientos. Se realizó la medida de la absorbancia en solución para determinar el contenido de clorofilas. Para ello se puso un 1g de hojas frescas de *Zea mays* L. proveniente de cada uno de los tratamientos por independiente, cortada en trozos pequeños, se agregó arena y 15ml de acetona para facilitar la maceración y extracción de los pigmentos. Se agregaron a la pulpa sobrante otros 10ml de acetona y se maceró nuevamente, después se filtró. En seguida se aforó a 25 ml acetona en matraz aforado. Después se leyó la absorbancia a 645, 652 y 663 nm. El cálculo para determinar

el contenido de clorofilas se empleó usando el método de (Jeffrey & Humphrey, 1975) modificado.

Se realizó un análisis de varianza completamente aleatorizado de clasificación simple con disposición factorial, tomando como efectos las del tipo de campo inducido y el tiempo de exposición. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Statistic for Windows (StatSoft, Inc., 1993).

Resultado y discusión

Las variables estudiadas fueron el porcentaje de germinación, dinámica de crecimiento de raíz y coleóptilos; acumulación de masa fresca y biomasa seca y contenido de clorofilas a, b y totales. Una vez realizado el estudio, los mejores resultados se obtuvieron en las semillas tratadas con campos electromagnéticos, observando que se duplicaban los valores de la mayoría de los indicadores en estudio, siendo más evidentes los contenidos de clorofilas.

Influencia de los campos

Los efectos de los diferentes campos en los parámetros del modelo fueron claramente

evidentes, los estudios mostraron efectos sobre la morfología de las plantas cuyas semillas fueron sometidas a campos electromagnéticos. A continuación, se evalúan parámetros morfo-fisiológicos que permiten evidenciar los efectos ocasionados por cada tratamiento, especialmente por el campo electromagnético.

Los efectos significativos desde el inicio, se observan en el tratamiento expuesto a los campos electromagnéticos tanto para raíz y coleóptilos de las semillas cultivadas.

Poder Germinativo

Como se puede apreciar en la Figura 3, bajo condiciones semicontroladas, al séptimo día de sembradas, ya se había superado el 50% de germinación de las semillas expuestas al campo electromagnético, mientras que los demás tratamientos mantuvieron una conducta menor del 50% hasta el mismo día. Para el día octavo, las semillas tratadas con campo electromagnético aumentó a un valor muy cercano al 71.87%. En todos los momentos evaluados, los mayores valores de germinación se presentaron en aquellas semillas tratadas con campos electromagnéticos, al parecer por eliminación de la dormancia seminal de embriones que se encontraban latentes.



Figura 1. Ciclo germinativo

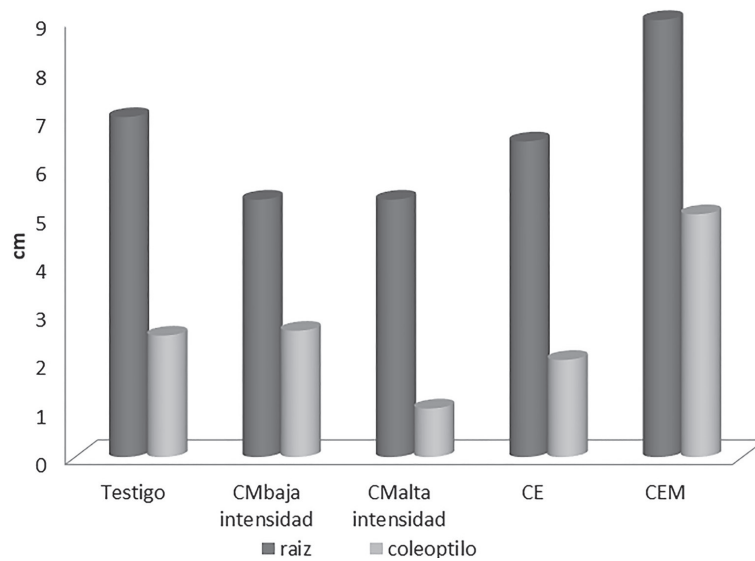


Figura 2. Comparativo de crecimiento raíz y coleóptilos en maíz

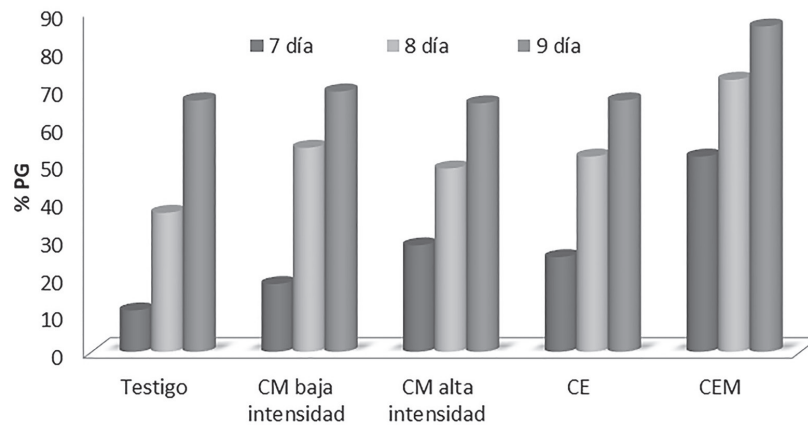


Figura 3. Poder germinativo de las semillas de *Zea mays* L. sometidas a campos magnéticos de baja y alta densidad, campo eléctrico y campo electromagnético.

Dinámica de crecimiento

Las semillas expuestas a los campos electromagnéticos superan el rango de crecimiento de los demás tratamientos

comparados en los mismos días. Este fenómeno permite concluir que las semillas reciben más estímulo en este tratamiento, lo que genera una curva de crecimiento más representativa, en el mismo rango de días observados.

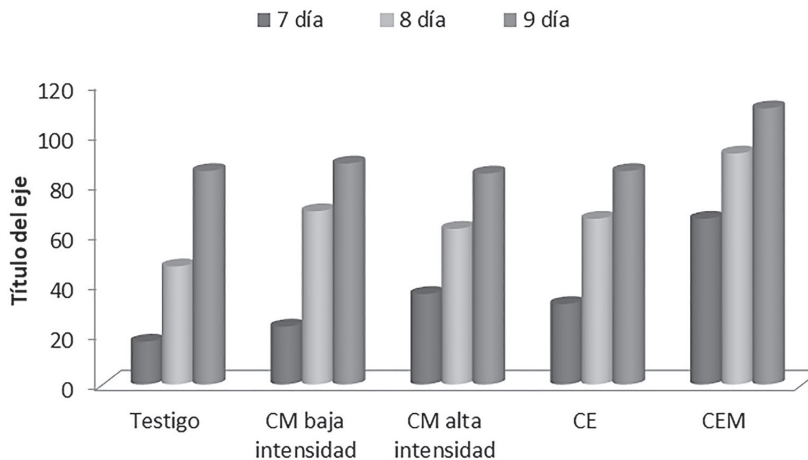


Figura 4. Dinámica de crecimiento (*Zea mays* L.).

Biomasa

Como aparece reflejado en la Figura 5, un incremento en la formación de masa fresca se traduce en acumulación de biomasa seca. Las plantas que alcanzaron los valores más altos para este indicador resultaron ser

las tratadas con el campo electromagnético. Si las plántulas expresan un mayor crecimiento vegetativo, todo parece indicar que la acumulación de biomasa seca se incrementará también en el tiempo. Para este indicador fisiológico se observó que los menores valores se expresaron en el testigo, tanto en masa fresca como en biomasa seca.

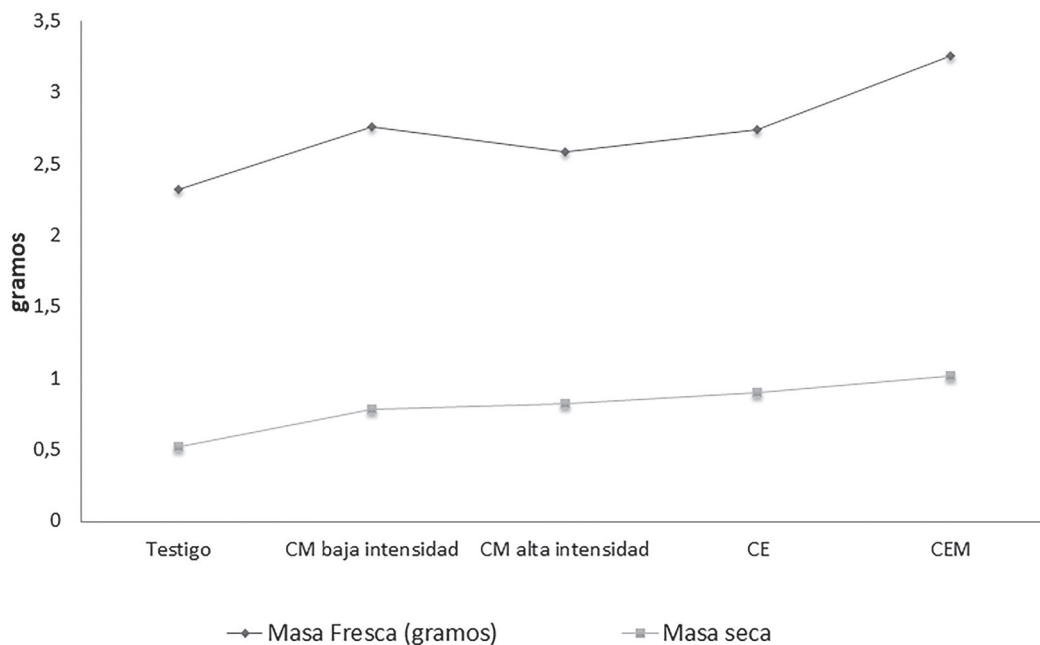


Figura 5. Acumulación de masa y Biomasa promedio (grs)

Referencias

Acuña, F. Grupo de investigación en tecnología de invernaderos y experiencias. (2008) Trabajo de Proyecto Final de Pregrado (Ingeniería Electrónica). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. 220 p.

Alfonso, Ana. (2009). *La crisis alimentaria mundial*. Mid, un lugar para la ciencia y la tecnología.

Arboleda, Á., Cortes, O. (2007). *Sistema de instrumentación para invernadero Armenia*, formato IEEE. Trabajo de Proyecto Final (Tecnología en Electrónica). Universidad del

- Quindío. Facultad de Ingeniería Electrónica. 7 p.
- Atorino, J., Bortolin, L. (2009). *Experimentos con un sensor de efecto Hall*. Departamento de Física. Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales Universidad Favaloro. 6 p.
- Ayala, E., Guayacundo, D., Rodríguez, A. (2005). Sistema de Control PID Análogo y Digital para un invernadero. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada Dos*.
- Bethencourt, J., Luna, M. P., Muñoz-, J. L., García, B. (2012). Sistemas para la Automatización de los Invernaderos. *Vida Rural*, No. 118. 66–70 p.
- Carrillo, D. (2008). *Control climático de un invernadero Zacatecas*. (Trabajo de Proyecto Final de Pregrado, Ingeniería Electrónica). Universidad Autónoma de Zacatecas. 15 p.
- Corpoica. (SF). Impulsa Investigación en Ambientes Controlados.
- Duncan, Ian. (2001) The Pros and Cons of Cages. *World's Poultry Science Journal*. No 57. 381–390 p.
- Egüez, G & Váscquez, J. (2007). Automatización del galpón de crianza avícola a – 1 de pollos broilers del iasa fase i: diseño, simulación y construcción prototipo. Escuela politécnica del ejército.
- Engormix.com. Control ambiental en galpones de pollos.
- Fraga, N., Socorro, A., Calderón, S., Cantero, N., De La Cruz, J.F., Alonso, M. y Figueroa, M. (2007). *Estudio de parámetros adecuados para la conservación y estimulación de la germinación en semillas de frijol común (Phaseolus vulgaris L)*. *Agrotécnica de Cuba* 31(2): 12-18 p.
- Galland, P. & Pazur, A. (2005). Magnetoreception in plants. *Journal of Plant. Research* 118:371-389 p.
- Grupo del Banco Mundial. (2012). *Alerta sobre precio de los alimentos*. Ed. Banco Mundial.
- Guzmán, B., Rodríguez, L. (SF) *Laboratorio remoto para el control de una maqueta de invernadero*.
- Katsuhiko, O. (1996). *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*. México D.F: Prentice Hall.
- Madge, E (2009). *Invernadero inteligente para clima cálido*. Tesis Pregrado de Ingeniería Electrónica). Universidad América Asunción. Facultad de Ingeniería Electrónica. Asunción, Paraguay. 42p.
- Medina J., Himeur Y., Romero J. L., Zúñiga C. y Alvarado L. (2008). *Manual de operación y mantenimiento de un Sistema de riego por goteo*.
- Ministerio de Protección Social. Reporte diario ola invernal 2010-2011. 2p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. (2010) *El estado de la*

- inseguridad alimentaria en el mundo*. Roma, Italia: Viale delle Terme di Caracalla.
- Ortiz J., Puentes A. E., Suárez D., Velásquez, P., Gutiérrez J. (2013) *Efectos en la germinación, crecimiento y desarrollo de semillas de plantas cultivadas sometidas a estímulos por Campos Magnéticos (CM), Eléctricos (CE) y Electromagnéticos (CEM) en Sibaté, Cundinamarca*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Padovani, L. (2007) *Automatización y control de invernadero Quilmes*. (Trabajo de Proyecto Final de Pregrado. Ingeniería Automatización y Control Industrial). Universidad Nacional de Quilmes, Facultad de Ingeniería. [en línea]. 73 p.
- Pawlowski, Guzmán, Rodríguez, Berenguel. (2010). *Control Basado en Eventos de la Temperatura de un Invernadero*. UNED: Madrid.
- Pietruszewski, S., Muszyński, S. y Dziwulska, A. (2007) *Electromagnetic Fields and Electromagnetic Radiation as Non-invasive External Stimulants for Seeds (selected Methods and Responses)*. International Agrophysics 21, no. 1. 95 p.
- Ramírez, S. (2012) *Automatización de Invernaderos*. Investigación CSS (Capítulo Estudiantil Sistemas de Control IEEE). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Restrepo, J. (2010). Una política integral de tierras para Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. 23p.
- Sensirion, Datasheet SHT1x. (2010). Technology for Life. *Invernaderos de Futuro*. España.
- Toledom, S. (2007). *Diseño de Controladores PID en Tiempo Discreto y análisis de respuesta utilizando herramientas computacionales*. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Tordecilla, L. (2009). *Fortalecimiento de la capacidad de investigación en ambientes controlados* Cereté, 72p. Corpoica.
- Torres, C., Díaz, J., Cabal, P. (2008). *Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (Oryza sativa L.) y tomate (Solanum lycopersicum L.)* Universidad del Valle.
- Yao, L., Li, Y., Yang, Y. y Li, C. (2005). *Effects of Seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (Cucumis sativus) seedlings to ultraviolet-B Radiation Environmental and Experimental Botany 54(3): 286-294 p.*
- Zapata, J. E., Hoyos, M., Moreno, G. (2005). *Acción de un campo magnético sobre un cultivo aireado de Saccharomyces cerevisiae*. Asociación Interciencias. 6 p.
- Zapata, C. A. y Martínez A. (2007). *Sistema inalámbrico para la supervisión de las variables ambientales de un invernadero*. IEEE. (Trabajo de Proyecto Final. ingeniería Electrónica). Universidad del Quindío.