



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Efecto de la aplicación foliar de ácido giberélico (AG_3) y urea en
un cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) en el municipio de
Coyotepec, Estado de México.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTA

SERGIO FONES GARCÍA.

Asesor: M. en C. Oscar Horacio Guillén Ayala.

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitir mi formación académica como universitario. A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por ser mi casa durante los años de mi formación.

Al M.C. Oscar Horacio Guillén Ayala por el apoyo, paciencia, la amistad y conocimiento para realizar este trabajo.

Al M.C. Juan Roberto Guerrero Agama, por la oportuna intervención en la mejora de este trabajo. A la Bióloga Elva Martínez Holguín, a la M.C. Ana María Martínez García y a la M.I. Martha Elena Domínguez Hernández por sus valiosas aportaciones. A todos mis profesores de Ingeniería Agrícola por su aporte de conocimientos y amistad durante mi formación.

Al pueblo de México que con sus impuestos pagó mi educación. Con todo respeto y admiración a la gente del campo, ejidatarios, jornaleros, pequeños y grandes productores, mujeres, hombres y niños que con su trabajo le otorgan los alimentos a este país y que en su momento nos ofrecieron un poco o mucho de sus conocimientos.

A mis padres Filemon y Susana quienes siempre creyeron en mi para terminar esto que inicio con la generación 23.

A mis hermanos Agustina, Juan, Julia, Jesús, Victoria y Miguel Angel Gracias. A Carmen y Marissa que como siempre estamos juntos en las buenas y en las malas.

A quienes ya no estan con nosotros doña Anita[†] quien fue otra mamá para Jesús y para mi. A doña Amelia[†] por su confianza.

A Lleinin, Erika, Rocío, Silvia, Marco, Alejandro, Daniel, Erick, Eugenio, Juan, Miguel, Ahui y toda la generación 23 gracias por todo.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.	I
ÍNDICE DE GRÁFICAS.	II
RESUMEN.	III
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
3.1. Importancia del cultivo de la espinaca a nivel nacional.	4
3.2. Efecto de los factores climáticos en el crecimiento y desarrollo de la espinaca.	5
3.3 Efecto de aplicaciones foliares de ácido giberélico (AG ₃) en espinaca.	8
3.4 Efecto de la aplicación foliar de urea en espinaca.	12
3.5 Efectos de la aplicación de AG ₃ más urea en hortalizas.	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS.	14
4.1. Sitio experimental.	14
4.2. Características del material utilizado.	14
4.3. Diseño experimental.	15
4.3.1. Factores de estudio.	15
4.3.2. Unidad experimental y parcela útil.	15
4.3.3. Variables de estudio	15
4.3.4. Toma de datos.	17
4.4. Manejo del cultivo.	17
4.4.1. Siembra.	17
4.4.2. Aclareo.	17
4.4.3. Fertilización.	18
4.4.4. Riego.	18
4.4.5. Deshierbes.	18
4.4.6. Plagas y enfermedades.	18

	Página
4.5 Aplicación de tratamientos	18
4.6 Cosecha.	18
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	19
6. CONCLUSIONES.	32
7. RECOMENDACIONES.	33
8. BIBLIOGRAFÍA.	34
9. APÉNDICE.	39

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Cuadrados Medios (CM) del análisis de varianza para las variables estudiadas.	19
Cuadro 2. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para el factor GIBE en las variables estudiadas.	21
Cuadro 3. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas.	22
Cuadro 4. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para el factor UREA en las variables estudiadas.	24
Cuadro 5. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para efecto de la interacción GIBE x UREA en las variables estudiadas.	31

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable REND	26
Gráfica 2. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable NHP	27
Gráfica 3. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable AP	28
Gráfica 4. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable LH	29
Gráfica 5. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable AH	30

RESUMEN

La espinaca cuando se cultiva en condiciones de baja temperatura presenta disminución en el crecimiento, lo que afecta la calidad y el rendimiento. Para tratar de resolver esta situación se han realizado varios estudios aplicando ácido giberélico, observando resultados parciales en algunos casos y satisfactorios en otros. En este trabajo se estudió el efecto de la aplicación foliar de ácido giberélico (AG_3) a los 37 días después de la siembra (dds) en tres concentraciones 100, 150 y 200 mg L⁻¹, aplicado de manera conjunta con urea al 1 y 2%. Se utilizó un diseño factorial 4 x 3 con un arreglo de bloques completos al azar, resultando un total de 12 tratamientos con cuatro repeticiones, evaluando las variables rendimiento, número de hojas por planta, altura de planta, longitud de hoja y ancho de hoja.

De los resultados obtenidos se obtuvieron las conclusiones de que los mayores niveles de AG_3 (200 mg L⁻¹) y urea (2%) resultaron los mejores para incrementar todas las variables estudiadas que se consideran para la oferta-demanda en el mercado nacional. Los tratamientos aplicados modificaron el porte normal de las plantas, haciéndolo más erecto; este porte se mantuvo hasta la cosecha. La urea en ninguno de sus niveles evaluados se detectó que haya influido en la coloración normal del follaje de las plantas haciendo la comparación con el testigo. Las aplicaciones de AG_3 en cualquiera de las dosis evaluadas, no influyeron en que se presentara un amarillamiento del follaje de las plantas en ninguno de los tratamientos. La fecha de aplicación de AG_3 más urea a los 37 dds fue la apropiada ya que la planta se encontraba en una etapa de desarrollo, en la que los efectos del AG_3 más urea se manifestaron.

I. INTRODUCCIÓN

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es originaria del suroeste de Asia, se cultivó por primera vez en Persia (Irán) hace 2000 años. Los árabes la llevaron a España en el siglo XI, extendiéndose al resto de Europa en el siglo XIV. Fue traída a América con los primeros colonos. Es un cultivo que se extiende por casi todas las regiones templadas del mundo.

La espinaca es una de las hortalizas de hoja más importantes, debido a su alto valor dietético, sabor y digestibilidad (Jacinto, 2003 y Leñano, 2010), ya que sus hojas se pueden comer frescas o cocidas, debido a que tiene propiedades alimenticias muy apreciadas por su alto contenido en clorofila, vitaminas, yodo y hierro (Heras, 2006).

Según el SIAP (2014), en México ha aumentado la superficie que se cultiva con esta especie. En el año 2014, la producción fue de 26, 299.38 toneladas, con un rendimiento medio de 13.20 t ha⁻¹. Con respecto al Estado de México, la producción fue de 4 790.10 toneladas, con un rendimiento de 16.40 t ha⁻¹.

El cultivo de la espinaca en el país se desarrolla principalmente al aire libre aunque se está comenzando a producir en invernaderos en algunas regiones. La producción de espinaca se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año.

Cuando se cultiva al aire libre en condiciones de bajas temperaturas, la espinaca presenta una disminución en el crecimiento, lo cual afecta la calidad del follaje y el rendimiento. Para tratar de resolver dicha situación, se han realizado varios estudios aplicando ácido giberélico (AG₃), observando resultados parciales en algunos casos y satisfactorios en otros, pero a la vez se ha presentado un amarillamiento en el follaje como resultado de la aplicación de estos tratamientos (Garza, 2001; Jacinto, 2003; González *et al.*, 2009).

Por lo anterior, en el presente trabajo se plantea un experimento para producir espinaca aplicando ácido giberélico (AG₃) más urea, esta última para determinar si es capaz de eliminar el amarillamiento de las hojas.

Existen municipios en el Estado de México que producen espinaca en el ciclo otoño-invierno, pero se caracterizan por presentar temperaturas bajas en ese ciclo, las cuales podrían afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo (Jacinto, 2003 y Magallón, 2007). Estas condiciones de temperatura se presentan en el municipio de Coyotepec (SEDAGRO, 2010), las cuales se consideran ideales para realizar el presente trabajo, por lo que se plantea llevar a cabo la aplicación de ácido giberélico (AG₃) y urea para estimular un crecimiento más rápido y vigoroso en una variedad comercial de espinaca.

II. OBJETIVOS

1. Determinar en la planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) el efecto de diferentes dosis de ácido giberélico (AG₃) más urea en algunos componentes de rendimiento en una fecha de aplicación.
2. Evaluar si con la urea es posible controlar el amarillamiento del follaje de la planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

HIPÓTESIS

1. La aplicación de diferentes dosis de ácido giberélico(AG₃) más urea incrementará los valores de los componentes de rendimiento evaluados en este trabajo con respecto al testigo.
2. La aplicación de urea evitará el amarillamiento en las hojas de espinaca.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia de la espinaca a nivel nacional.

El centro de origen de la espinaca se encuentra en la región suroeste de Asia, específicamente en lo que hoy es Irán (Vavilov, 1981; Simonds, 1996). Asimismo, se atribuye a los árabes su introducción en Europa, primeramente en España en el siglo XI y posteriormente en Francia e Italia durante el siglo XII (Guenkov, 1984). Es así como se constituye en una especie vegetal de uso común entre los europeos extendiéndose más tarde en casi todos los países del mundo, exceptuando las regiones tropicales (Parlevliet, 1996). Su introducción en América tuvo lugar durante el siglo XIX (Guenkov, 1984).

Se distribuye principalmente en Europa, Asia y América; siendo China el mayor productor mundial, con una participación del 90%, siguiéndole Japón y Estados Unidos (Jacinto, 2003).

En México, para el año 2014 se cosecho una superficie de 1, 992.4 ha, con una producción de 26, 299.38 ton, con un rendimiento de 13.20 ton ha⁻¹, alcanzando un precio medio rural de \$ 4, 103.4 por hectárea. La entidad más importante en el cultivo de espinaca fue el Estado de Guanajuato, en donde se cosechó una superficie de 680 ha, y la producción fue de 8, 817 ton con un rendimiento de 12.97 ton ha⁻¹ (SIAP, 2014).

Desde el punto de vista económico y social, la espinaca es una hortaliza de gran importancia en México, por ser una fuente de alimento; de trabajo en todo su proceso de producción, por el número de jornales requeridos en el sector rural; por la demanda alimenticia en todos los estratos sociales y por su alto valor nutritivo en fresco e industrializado en los mercados locales, regionales y nacionales.

Desde el punto de vista alimenticio, la espinaca tiene un elevado nivel nutricional ya que presenta propiedades nutritivas muy apreciadas para la dieta del ser humano por ser una fuente de clorofila, vitaminas, carbohidratos, fibras y

minerales como el yodo y el hierro; nutrientes vegetales indispensables para el desarrollo normal del individuo siendo además, sostenimiento de vida y prevención de muchas enfermedades (Heras, 2006).

Por las diversas cualidades que le han sido conferidas a la espinaca, actualmente ésta se encuentra difundida bajo cultivo en regiones donde las condiciones del clima favorecen su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, en México esta especie es cultivada en escala reducida y se limita su explotación a aquellas áreas que se caracterizan por presentar condiciones climáticas templadas (SIAP, 2014).

El cultivo de la espinaca en México se desarrolla fundamentalmente al aire libre aunque está aumentando su producción en invernaderos de regiones centrales del país, siendo dentro de la agricultura orgánica una muy buena alternativa. La producción de espinaca se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año.

Debido a su alto nivel nutricional la mayor parte de la producción de espinaca se destina al consumo humano en fresco o cocida, ya que está aumentando el número de consumidores y una menor parte es transformada por la industria. No se tiene información de que la espinaca se destine a la exportación.

El cultivo de la espinaca tiene muy buenas expectativas de futuro, especialmente el cultivo para Agroindustria debido al creciente mercado nacional e internacional.

3.2. Efecto de factores climáticos en el crecimiento y desarrollo de la espinaca.

La temperatura influye considerablemente en el tiempo necesario para la germinación de la semilla. Este proceso puede iniciarse con 2-3 °C. Con temperaturas bajas de 5 a 10 °C tarda más de 20 días en germinar y con temperaturas medias de 15-20 °C dura un mínimo de ocho días. El rango óptimo para la germinación se encuentra entre los 10 y 15 °C. Con temperaturas de 15 a 25 °C, la velocidad del proceso aumenta pero disminuye el porcentaje de plántulas normales (Guenkov, 1984; Gorini, 1990; Harrington, 2000).

La temperatura óptima para el crecimiento de las hojas es de 15 a 16 °C, sin embargo la plántula se desarrolla normalmente a 5 °C que es la temperatura mínima mensual de crecimiento, aunque requiere de 10 °C para un rápido desarrollo. Las plantas pueden resistir temperaturas de -4 y -5 °C y después de un desarrollo vegetativo normal pueden soportar hasta -7 °C; las variedades de invierno pueden resistir hasta -10°C, pero si las temperaturas por debajo de cero persisten mucho tiempo, además de originar lesiones foliares, determinan una detención total del crecimiento, lo cual afecta el rendimiento. En el caso de heladas, se presentan efectos de amarillamiento en las hojas y en casos graves se arrugan y muestran cierta transparencia; si persisten las heladas, las plantas se alteran totalmente (Guenkov, 1984; Gorini, 1990; Magallón, 2007).

Guenkov (1984), menciona que con temperaturas bajas, los tejidos parenquimatosos entre las nervaduras de las hojas, crecen más rápidamente y su superficie es más arrugada; con estas temperaturas las plantas permanecen largo tiempo en estado de roseta y forman un buen follaje, principalmente por la influencia desfavorable del día corto en la formación del tallo floral.

Gorini (1990) establece que las espinacas crecen a temperaturas muy bajas (5 a 15 °C media mensual) en días muy cortos, típicos de los meses invernales, florecen más rápidamente que las desarrolladas también en fotoperiodos cortos, pero con temperaturas más elevadas (15 a 16 °C).

Guenkov (1984) y Gajón (2001) indican que con temperaturas altas (más de 25 °C), las hojas se quedan pequeñas y escasas en sustancias nutritivas, además se contribuye al rápido crecimiento del tallo floral, con lo cual disminuye el periodo de cosecha y rendimiento. Por otra parte, consideran que la espinaca no es una planta muy exigente con respecto a la intensidad de la luz, por lo que puede sembrarse intercalada con otras plantas hortícolas.

Leñano (2010) menciona que con temperaturas superiores a 15 °C y periodo de luz mayor de 14 horas, se produce rápidamente el escape floral, lo cual afecta la producción de hojas y por tanto la producción.

Heras (2006) comenta que las temperaturas elevadas y temporadas secas, afectan el crecimiento debido a la alta evapotranspiración de las hojas que contienen el 92% de agua. También indica que con un periodo de día corto, las espinacas tratadas en día largo mediante una iluminación suplementaria, aceleran el crecimiento e influye en el rendimiento; con una duración del día de 12 horas los escapos florales no desarrollan y el rendimiento aumenta.

Iordanov (1998) al someter hojas de espinaca a temperaturas de 40, 45 y 50 °C por 5 ó 10 minutos, se encontró que a 40 °C se inhibió la fotosíntesis de manera escasa, mientras que a 45 °C decreció apreciablemente y a 50 °C el proceso se suprimió.

Gorini (1990) establece que al cultivar espinaca bajo condiciones bajas de temperatura (entre -5 y -7 °C) se presentan lesiones foliares y un retraso del crecimiento dando como resultado una disminución del rendimiento y calidad de las plantas, además de que 5 °C es la temperatura promedio mínima mensual para el crecimiento de espinaca.

Cuando fueron sometidas plantas de espinacas a temperatura entre 26 y 14 °C no experimentaron daños significativos en el rendimiento (Peavy y Greig, 1993). Sin embargo, cuando se presentan temperaturas mayores a 26 °C en la etapa de crecimiento existe una reducción en el tamaño de las hojas y en la acumulación de nutrientes (Guenkov, 1984).

Garza (2001) establece que la presencia de bajas temperaturas en la etapa de diferenciación de primordios foliares posiblemente afecten el meristemo apical y consecuentemente el crecimiento y desarrollo posterior de órganos vegetativos pueden ser muy lentos.

Oorschot (1990) al someter plantas de espinaca al efecto de fotoperiodo largo, observó incrementos en la tasa de crecimiento, estableciendo que dichos incrementos se deben principalmente a un aumento en la tasa de expansión del área foliar. Sin embargo, es en fotoperiodos cortos en donde se obtuvieron los mayores rendimientos totales.

Con referencia al suelo, la espinaca se desarrolla sobre diferentes tipos de suelo; en general requiere suelos de textura media como los francos y areno-arcillosos. Los suelos deben ser ricos en materia orgánica, profundos y permeables (Guenkov, 1984; Gorini, 1990; Leñano, 2010). El pH debe estar entre 6.5 y 6.7. En suelos ácidos se afecta el desarrollo, con pH menor de 5.5 el crecimiento se retrasa mientras que prácticamente no existe con pH de 4.5, donde gran parte de las plantas mueren en la etapa más temprana. Los daños que ocasiona la reacción ácida a la espinaca, se atribuyen más a la acción tóxica del catión aluminio, que a la concentración de iones hidrógeno. La espinaca resiste concentraciones salinas aunque en estas condiciones es sensible a clorosis; los suelos ligeramente alcalinos determinan el enrojecimiento del peciolo (Guenkov, 1984; Gorini, 1990; Magallón, 2007).

En cuanto a humedad, en las fases tempranas del cultivo, antes de la maduración como el sistema radical de la espinaca esta débilmente desarrollado y situado de manera superficial, es exigente en el balance de humedad del suelo. Para el crecimiento óptimo, se requiere una humedad del suelo de 70% de la capacidad de campo. El suelo no debe permanecer en condiciones de sequía porque la roseta se queda pequeña y el tallo floral se desarrolla muy rápido; mientras que en suelos húmedos es atacada por enfermedades, por lo que ambas condiciones extremas afectan de manera negativa el rendimiento (Guenkov, 1984; Magallón, 2007; Leñano, 2010).

3.3. Efecto de aplicaciones foliares de ácido giberélico (AG₃) en espinaca.

Jacinto (2003) realizó aplicaciones foliares de AG₃ (50-200 ppm) a plantas de espinaca cv Viroflay, a los 40 y 50 días de edad de la planta. Los tratamientos aplicados en la primera fecha, produjeron diferencias significativas en longitud de peciolo, así como una coloración verde pálido que se restableció 10 a 13 días después; además se presentó un porte de planta más recto que el normal que se mantuvo hasta la cosecha; el rendimiento no presentó diferencias significativas. En la aplicación a los 50 días, no se manifestaron diferencias significativas en

longitud y ancho del limbo, longitud de peciolo, número de hojas y rendimiento; sólo se observó una coloración verde pálido y un porte de planta más vertical que el normal.

Garza (2001) reporta que las aplicaciones foliares de AG_3 de 5 a 25 ppm en espinaca, efectuadas a los 30, 38, 46 o 54 dds, ocasionaron efectos parciales en longitud de peciolo, así mismo presentaron un porte de planta más vertical que el normal aunque no presentaron efectos significativos en el rendimiento en fresco.

González *et al.* (2009) realizaron aspersiones foliares de 10 ppm de AG_3 en plantas de espinaca, las aplicaciones se hicieron a los 67 dds y 12 días después de la aplicación, encontrando un marcado incremento en longitud del peciolo, altura del tallo, peso y área foliar, no así en el número de hojas.

González y Marx (2003) efectuaron una aplicación de 20 ppm de AG_3 , dos semanas antes de la cosecha, obteniendo un incremento en el peso fresco, así como una mayor facilidad de cosecha, al inducir una posición vertical en las hojas, dada por una estimulación en el crecimiento del peciolo y del tallo. La calidad se mejoró tanto en color como al presentar una menor acidez titulable comparada con el testigo.

Tallarico (2003) realizó un tratamiento con AG_3 en semillas de espinaca, las plantas provenientes del tratamiento se asperjaron con AG_3 a los 15 y 22 días después de emerger. Se encontró una reducción de 4 a 7 días en el tiempo de germinación, así como una aceleración del crecimiento los primeros 10 días; se cosechó 55 días después de la siembra, los rendimientos obtenidos fueron de 2264 g/m² para el testigo y de 2855 g/m² para las plantas tratadas.

Badawi *et al.* (2008) realizaron aplicaciones foliares de AG_3 de 100 a 200 ppm a plantas de espinaca sembradas en dos fechas; en las espinacas sembradas en la primera fecha con 100 y 200 ppm hubo un incremento en el crecimiento de las plantas, mientras que en las de la segunda fecha, el crecimiento del cultivo fue superior. El AG_3 incrementó también la floración y redujo el grosor de la hoja y el diámetro del peciolo.

Bastos y Moreno (1999) estudiaron los efectos de la aplicación foliar de 100 ppm de AG₃ en espinaca cv. Viroflay, en condiciones de días cortos y días largos, concluyendo que la respuesta de la espinaca al fotoperiodo así como el tiempo de floración no se modifican; sin embargo, las plantas tratadas tienen mayor número de hojas en las dos condiciones fotoperiódicas y las tratadas en días largos presentan mayor longitud de inflorescencia.

Por otra parte, diferentes investigadores han estudiado los mecanismos de acción del ácido giberélico en células y tejidos de la espinaca.

Gimler *et al.* (2001) estudiaron en células del mesófilo de espinaca la secuencia de penetración de diversas sustancias reguladoras del crecimiento al sistema cloroplasto y protoplasto, encontrando que éstas son capaces de penetrar fácilmente a las membranas.

Miller (1987) menciona que el alargamiento de células vegetales, fue uno de los primeros resultados observados al someter plantas a tratamientos de ácido giberélico AG₃. Asimismo, estableció que dichos efectos se limitaban a los tejidos jóvenes en crecimiento.

Gostinchar (1993) establece que las aplicaciones exógenas de ácido giberélico AG₃, producen efectos fisiológicos muy variados, uno de los cuales es la elongación de tallos, debido posiblemente al incremento en el tamaño y número de células, asimismo, menciona que dichas aplicaciones ocasionan incrementos significativos en los niveles de auxinas, por lo que pudiera explicarse el incremento en el número de células, mismo que se traduce en un aumento del crecimiento de tallos.

Cuando se aplican tratamientos de ácido giberélico AG₃ a plantas de espinaca, afectadas por la presencia de bajas temperaturas en su etapa de diferenciación de primordios foliares, no se observan diferencias significativas en el rendimiento (Peavy y Greig, 1993; Roger, 2000; Garza, 2001).

Zeevaart (1991) al someter plantas de espinaca a los efectos de ácido giberélico AG₃ a 200 ppm, aplicado a brotes apicales y un retardante (AM0-1618, aplicado vía suelo), encontró que los efectos del AG₃ dominan sobre el retardante. Asimismo, establece que los efectos del ácido giberélico AG₃ se traducen en un incremento en la tasa de crecimiento del pecíolo.

González (2010) al realizar aspersiones de ácido giberélico AG₃ (10 ppm) al follaje de plantas de espinaca, dos semanas antes de cosecha, encontró incrementos significativos en pecíolo y hoja. También, al comparar el peso total de las plantas observó un incremento del 22% en plantas tratadas respecto a las no tratadas. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Garza (2001), referidos a partes de la planta.

González (2010) y Garza (2001) al someter plantas de espinaca a tratamientos de ácido giberélico, coinciden en la existencia de un incremento en el tejido peciolar de la hoja, mismo que se refleja en un mayor porte y erección de la planta.

Garza (2001) al realizar aplicaciones de ácido giberélico (5 a 25 ppm) a plantas de espinaca cv “Resistoflay”, en condiciones de invierno, encontró sólo efectos parciales en los componentes principales del rendimiento fresco total. También menciona que la etapa del cultivo al momento de la aplicación y las condiciones de temperatura, fueron probablemente los factores que influyeron en tal situación.

En estudios relacionados con la distribución de giberelinas en los órganos de las plantas de espinaca, se observó un incremento en el crecimiento de pecíolo señalando que dicho incremento se debe a una respuesta de la espinaca al cambiarla de una condición de fotoperiodo corto a una con fotoperiodo largo y principalmente, a la distribución de ácido giberélico AG₃ en el interior de la planta y no al contenido total del mismo (Metzger y Zeevaart, 1992).

Panel y Greppin (2005) al estudiar la actividad de la peroxidasa en plantas de espinaca, encontraron que aquella se constituye por dos grupos extremos, uno ácido y otro básico. El grupo ácido se activa cuando las plantas desarrolladas en días cortos se exponen a periodos de luz continua.

Asimismo, los tratamientos con ácido giberélico AG₃ en plantas desarrolladas en días cortos tuvieron los mismos efectos.

Hrischer (1998) al someter plantas a tratamientos con diversos reguladores de crecimiento, entre los cuales se incluyó el ácido giberélico AG₃, observó un amarillamiento temporal en las plantas tratadas respecto a las no tratadas. Asimismo estableció que dicho amarillamiento se debe a ciertos cambios estructurales ocurridos dentro de los cloroplastos de las hojas de espinaca.

3.4. Efecto de la aplicación foliar de urea en espinaca.

Coic (2000) menciona que la fertilización nitrogenada es vital para el crecimiento y mantenimiento del proceso fotosintético y que también regula la tasa de utilización de azúcares sintetizados en los cloroplastos, además de que influye en la utilización de la energía luminosa y en el transporte de los azúcares de las hojas a la raíz.

Mehrotra *et al.* (2000) efectuaron aplicaciones foliares de urea a espinaca encontrando un incremento en el rendimiento de 10-50%. Así mismo, Bhore y Patil (2008) mencionan que la espinaca aumentó su rendimiento al aplicar aspersiones foliares de urea en adición a la fertilización del suelo.

Es escasa la información generada en donde se mencione la aplicación foliar de urea en cultivares de espinaca, por lo que se toman en cuenta referencias con otras hortalizas.

Aguilar (2009) indica que la urea, al ser un fertilizante fácilmente soluble en agua, favorece su aplicación foliar; además de que es asimilado rápidamente por las hojas, transformándose a la forma amoniacal por la ureasa.

Rajeeven y Rao (2000), trabajando con berenjena, mencionan que el efecto de la urea con aplicaciones foliares y al suelo en diferentes concentraciones ocasiona un incremento en el tamaño de las plantas.

Goleniowski *et al.* (2001), en plantas de lechuga cv. Grand Rapids, aplicaron tres aspersiones con urea a intervalos de 10 días, y encontraron un incremento en el peso fresco y el diámetro de las plantas tratadas, pero tuvieron problemas de necrosis en las hojas de algunas plantas.

Schwemmer (2003) realizó aplicaciones foliares de urea con diferentes dosis en plantas de lechuga en etapa de formación de cabeza, encontrando que el tratamiento de urea al 2% incrementó el peso de la cabeza en 45% y no causó toxicidad en las hojas con respecto al testigo.

3.5. Efectos de la aplicación de AG₃ más urea en hortalizas.

Para el caso de la espinaca no hay información disponible que mencione de los efectos de la aplicación foliar de AG₃ más urea, pero si existe información en diversas hortalizas como en el jitomate, en donde Bora (1999) encontró un incremento en el crecimiento vegetativo, producción de materia seca, crecimiento de la hoja, acumulación de nitrógeno y rendimiento. También, Grigoryan *et al.* (2007) probaron con tubérculos de papa sumergidos en una solución de AG₃ más urea, indicando que fue efectivo para romper la dormancia de tubérculos cosechados recientemente.

Diversos autores proponen que la aplicación de AG₃ en combinación con urea en cultivos hortícolas ocasionó un incremento en el crecimiento vegetativo, producción de materia seca, crecimiento de la hoja y rendimiento, lo cual puede explicarse por el incremento en la producción de giberelinas en la raíz y por lo tanto en un aumento en la actividad de ésta. Sin embargo, determinan que la interacción del AG₃ y urea depende de la edad y del estatus del nutriente en la planta, así como de la naturaleza del índice de crecimiento estudiado (Bora, 1999). Almaguer (2002) estableció que la aplicación foliar de AG₃ más urea en plantas de frambuesa, es más efectiva que solo la aplicación de AG₃, lo cual representa un efecto sinérgico de la urea más AG₃, debido posiblemente a que la urea da una mejor condición metabólica para la acción del AG₃ en la planta.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Sitio experimental.

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Coyotepec, Edo. de México, cuya ubicación geográfica es 99° 10' 16" longitud oeste y 19° 45' 00" latitud norte, a una altitud de 2,303 metros sobre el nivel del mar. El clima es C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano y frío en invierno, con una precipitación media anual de 579.9 mm, y una temperatura promedio anual de 16 °C. La topografía del sitio es plana en general. El suelo es medianamente profundo de textura media y color marrón grisáceo oscuro (CONAGUA, 2013).

4.2. Características del material utilizado.

Se utilizó semilla de espinaca de la variedad "Viroflay", que es una de las recomendadas en la zona. Algunas características que presenta esta variedad son las siguientes:

Tipo de Semilla: Redonda

Tipo de planta: Espátula

Tamaño de hoja: Grande

Tipo de hoja: Lisa

Tamaño de planta: Grande

Color de hoja: Verde oscuro

Época de cultivo: Otoño-invierno

Uso: Consumo directo e industrial

Ciclo vegetativo: 60 días a madurez comercial

Como fuente de giberelinas (AG_3) se empleó el producto comercial "Activol 40% GS", que se encuentra en el mercado bajo la presentación de polvo soluble en sobres de 10 g, cada sobre contiene 1 g de AG_3 y 9 g de material inerte. Como fuente de urea se usó el fertilizante de la empresa Tepeyac con 46% de Nitrógeno.

4.3. Diseño experimental.

El experimento se realizó mediante un diseño factorial 4 x 3 en un arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un total de 48 unidades experimentales.

4.3.1. Factores de estudio.

Los factores con sus respectivos niveles fueron los siguientes:

a) Factor dosis de AG_3

Niveles:

G0: Sin concentración de giberelina

G1: Concentración de 100 mg L^{-1}

G2: Concentración de 150 mg L^{-1}

G3: Concentración de 200 mg L^{-1}

b) Factor dosis de urea (U)

Niveles:

U0: Sin concentración de urea

U1: urea al 1%

U2: urea al 2%

4.3.2. Unidad experimental y parcela útil.

La parcela experimental se constituyó de cuatro surcos de 0.60 m de ancho y 2.5 m de longitud. La parcela útil se formó con los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

4.3.3 Variables de estudio.

Se registraron las siguientes variables respuesta:

REND = rendimiento kg/m^2

NHP = número de hojas por planta cm

AP = altura de planta cm

LH = longitud de hoja cm

AH = ancho de hoja cm

Al combinar los niveles de los dos factores se obtuvieron los siguientes tratamientos:

No. de Tratamiento	Tratamiento	Nivel de AG_3 ($mg L^{-1}$)	Nivel de urea (%)
1	G0U0	0	0
2	G0U1	0	1
3	G0U2	0	2
4	G1U0	100	0
5	G1U1	100	1
6	G1U2	100	2
7	G2U0	150	0
8	G2U1	150	1
9	G2U2	150	2
10	G3U0	200	0
11	G3U1	200	1
12	G3U2	200	2

4.3.4 Toma de datos.

Para evaluar las variables REND, NHP, AP, LH y AH, se realizó un muestreo de cinco plantas elegidas al azar por repetición para cada tratamiento.

La fecha de aplicación de los tratamientos fue a los 37 días después de la siembra (dds), y la toma de datos, junto con el testigo, fue a los 62 dds al momento de la cosecha.

Con todos los datos se realizaron un análisis de varianza y se efectuaron pruebas de comparación múltiple de medias utilizando el método de Tukey con probabilidad del 5% ($p \leq 0.05$), así como correlaciones para todas las variables evaluadas. El programa estadístico que se empleó fue el SAS (1999).

4.4. Manejo del cultivo.

4.4.1. Siembra.

La siembra se efectuó el día 3 de octubre de 2013 a una sola hilera, depositando las semillas en el costado del surco, posteriormente se procedió a tapar con una capa fina de tierra con el objeto de evitar obstáculos físicos que impidieran a la plántula tener una buena emergencia, además de contribuir a conservar la temperatura y evitar la formación de costra que retrasara su emergencia. La semilla finalmente quedó a una profundidad de 2 cm aproximadamente. Estas labores se llevaron a cabo de forma manual, utilizando una cantidad de semilla de 3 g, teniendo un promedio de 162.7 semillas por gramo.

4.4.2. Aclareo.

Se efectuó cuando las plántulas ya contaban con dos a tres hojas verdaderas, a los 30 días después de la siembra; se dejó una distancia entre plantas de 30 cm, dando un total de 9 plantas por hilera o surco o unidad experimental.

4.4.3. Fertilización.

Con el fin de mejorar la labranza, fertilidad y productividad del suelo se aplicaron 10 kg/m² de estiércol seco de bovino 15 días antes de realizar la siembra. Buscando un efecto favorable sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. No se aplicó fertilización química en todo el ciclo del cultivo.

4.4.4. Riego.

Se aplicó un riego de presembrado seis días antes de la fecha de siembra. Durante el desarrollo del cultivo se proporcionaron siete riegos, aplicando un riego cada semana. Se presentó un breve período de lluvias casi al final del ciclo vegetativo a los 49 dds, por lo que no fue necesario continuar regando.

4.4.5. Deshierbes y escardas.

Se hicieron de manera conjunta a los 25, 36 y 49 días después de la siembra.

4.4.6. Plagas y enfermedades.

No se presentaron problemas de insectos plaga y enfermedades.

4.5. Aplicación de tratamientos.

Se preparó una solución patrón de AG₃, de la cual se tomaron las dosis para cada tratamiento y se mezcló en el momento de la aplicación con la dosis de urea, previamente disuelta, como surfactante se agregó Agral-90 (Syngenta) en dosis de 1 mL L⁻¹ de solución. La aplicación de cada uno de los tratamientos se llevó a cabo utilizando una mochila de aspersión con capacidad de 15 litros y se realizó en horas de baja insolación y sin presencia de vientos.

4.6. Cosecha.

Para todos los tratamientos la cosecha fue de forma manual y se realizó a los 62 dds considerando las características que manejan los mercados para el consumo humano, como son el tamaño y coloración de las hojas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de varianza.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y en el cuadro 1 se presentan los cuadrados medios (CM) de las variables estudiadas. Se observa que para todas las variables se presentó una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) en las fuentes de variación, a excepción de la fuente bloque (BLO) que no presentó diferencia estadística para las variables número de hojas por planta (NHP) y longitud de hoja (LH).

Cuadro 1. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para las variables estudiadas.

Fuente de Variación	GL	REND	NHP	AP	LH	AH
GIBE	2	5478.4*	65.237*	89.078*	37.322*	13.369*
UREA	1	185.0*	0.748*	1.982*	0.200*	0.745*
BLO	3	19.0*	0.573	0.765*	0.118	0.108*
GIBE*UREA	6	189.4*	2.697*	0.649*	0.326*	0.208*
Error	33	25.5*	1.024*	0.507*	0.323*	0.052*

5.2 Comparación de medias con la prueba de Tukey.

Se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para todas las variables evaluadas con el propósito de conocer la influencia de los factores GIBE y UREA.

5.2.1 Factor dosis de ácido giberélico (GIBE).

Para el factor GIBE, en el cuadro 2 se puede apreciar que todas las variables respondieron a la mayor dosis de aplicación (G3) mostrándose significativamente diferente ($p \leq 0.05$) en comparación con las otras dosis de aplicación. Los resultados se asemejan a los obtenidos por Badawi *et al.* (2008) y Metzger y Zeevaart (1992), quienes mencionan que la respuesta puede explicarse con base al efecto favorable de la planta a la aplicación de giberelinas al propiciar la estimulación del crecimiento generalizado de acuerdo con lo que indican Salisbury y Ross (1994), ya que las giberelinas poseen la capacidad única entre las hormonas vegetales de estimular el crecimiento de plantas, como en este caso fue la espinaca.

Para el caso de la variable rendimiento (REND), Magallón (2007) menciona que el aumento en el rendimiento puede deberse a incrementos en la longitud de la hoja (LH) y ancho de hoja (AH), situación que se presentó en este trabajo, ya que en conjunto las variables AP, NHP, LH y AH, contribuyeron a tal respuesta, mostrando una correlación positiva con REND (Cuadro 3).

En el cuadro 2, la significancia para la variable REND, ocasionada por efectos de tratamientos con AG_3 , se puede atribuir a un aumento en la tasa de crecimiento del limbo (Zeevaart, 1991), así como a un incremento en el tejido de los peciolo, tal como lo mencionan Garza (2001) y González (2010). Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que el proceso de alargamiento peciolar y del limbo esté influenciado, en parte, por un incremento en tamaño y número de células, tal como fue observado por Gostinchar (1993), al comparar plantas tratadas con AG_3 con plantas no tratadas. Asimismo, se ha establecido que la fácil penetración del AG_3 en las paredes celulares, contribuye de manera positiva en los efectos antes mencionados (Gimler *et al.*, 2001).

También en el cuadro 2, se observa que para la variable altura de planta (AP), el mayor crecimiento se observó en plantas a las que se les aplicó la mayor dosis de 200 mg L^{-1} (G3), lo que concuerda con lo reportado por Chapman y Jordan (1999).

Este crecimiento se debió a que cuando se asperjan las giberelinas a las plantas se estimula el crecimiento de éstas y los tallos se vuelven más largos; y en el caso del testigo, a pesar de no esperarse una respuesta favorable, sus tallos fueron más delgados y pequeños.

Como consecuencia del crecimiento de la planta y de la mayor movilización de giberelinas y nutrientes a los puntos de crecimiento, así como de la diferenciación y el desarrollo, se favoreció el número de hojas por planta (NHP) con el tratamiento G3, aunque las dosis de G1 y G2 fueron estadísticamente iguales, pero superiores al testigo (G0) (Cuadro 2).

El comportamiento de las variables longitud de hoja (LH) y ancho de hoja (AH), también se atribuyen a un mayor REND, aunque los mayores promedios se obtuvieron con la dosis G3, también se observó que las dosis G1 y G2 fueron mejores con respecto al testigo (G0).

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para el factor GIBE en las variables evaluadas.

GIBE	REND	NHP	AP	LH	AH
G3	151.2 a	24.2 a	25.1 a	15.2 a	9.7 a
G2	115.5 b	21.0 b	21.6 b	13.6 b	8.4 b
G1	105.7 c	21.1 b	19.4 c	12.1 c	8.2 b
G0	106.9 c	18.5 c	19.2 c	11. d	7.1 c

Valores con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Coeficiente de correlación entre las variables estudiadas.

	NHP	AP	LH	AH
REND	0.767*	0.855*	0.791*	0.783*
NHP		0.762*	0.782*	0.822*
AP			0.866*	0.821*
LH				0.897*

5.2.2 Factor dosis de urea (UREA).

En el cuadro 4, se pueden observar los resultados de las variables estudiadas por efecto del factor UREA. Se presenta que en las variables REND, AP y AH respondieron a la mayor dosis de aplicación (U2) mostrando una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en comparación con la otra dosis de aplicación y el testigo; sin embargo, en las variables NHP y LH el resultado fue estadísticamente igual para las dos dosis de urea (U1, U2) y el testigo (U0), en donde es notorio que las aplicaciones de urea no influyeron en nada para determinar el número de hojas por planta y la longitud de las hojas.

En el caso de la espinaca relacionada con la aplicación de urea, a excepción de los trabajos de Jacinto (2003) y Garza (2001) no se encontraron muchos antecedentes para determinar algún efecto positivo que influyera en las variables que se evaluaron, aunque dichos trabajos no son muy explícitos en sus resultados obtenidos. Cabe mencionar que la mayoría de las plantas de los tratamientos donde se aplicaron la dosis U1 y U2, no presentaron daños por la aplicación de urea, es decir, presentaron en el follaje un color verde oscuro normal, lo que permite inferir que las dosis de urea, así como la fecha de aplicación del mismo y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, causaron un efecto significativo en las plantas de espinaca. Algunas plantas del testigo (U0) manifestaron una decoloración temporal (verde pálido), la cual fue desapareciendo

durante el crecimiento de su ciclo vegetativo. La decoloración verde pálido observada es probable que se deba a un bloqueo temporal en la formación de pigmentos clorofílicos responsables de la coloración verde oscuro normal; dicho bloqueo puede atribuirse a una acumulación temporal de ciertos cristales proteicos en los espacios intertilacoidales de los cloroplastos, y el bloqueo de pigmentos clorofílicos dará lugar, en consecuencia, a un amarillamiento de las hojas, pero era esperarse que fuera temporal, ya que por efectos del metabolismo propio de la planta dicha acumulación de cristales proteicos debería dejar de presentarse, restableciéndose de manera paulatina el color verde oscuro normal, tal como lo mencionan Chapman y Jordan (1999) y Badawi *et al.* (2008).

La mayoría de las plantas tratadas con las diferentes dosis de urea mostraron un porte de planta más erecto que el normal, la manifestación de esta característica es posible que se deba a un efecto en el pecíolo, explicable en parte por lo establecido por Zeevaart (1991), Gostinchar (1993), Garza (2001) y Gimler *et al.* (2001) y González (2010), ya que en este trabajo se observó una notable continuación de la erección peciolar por las nervaduras centrales de las hojas de espinaca. Ahora bien, la permanencia de la erección antes mencionada, es probable que se deba a un incremento en el contenido de fibra peciolar, tal como lo menciona Garza (2001).

Como ya se mencionó anteriormente, en las plantas de todos los tratamientos se presentó un color verde oscuro normal en el follaje, semejante al observado en el testigo (G0U0), así como un porte de planta más vertical, por lo que es factible considerar que la fecha de aplicación y las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, así como las dosis de urea, tuvieron un efecto positivo en las plantas de espinaca de todos los tratamientos.

Cuadro 4. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para el factor UREA en las variables estudiadas.

UREA	REND	NHP	AP	LH	AH
U2	123.5 a	21.4 a	21.7 a	13.1 a	8.6 a
U1	119.1 b	21.1 a	21.3 a b	12.9 a	8.3 b
U0	116.8 b	21.0 a	21.0 b	12.9 a	8.1 c

Valores con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

5.2.3 Interacción dosis de giberelina (GIBE) x dosis de urea (UREA).

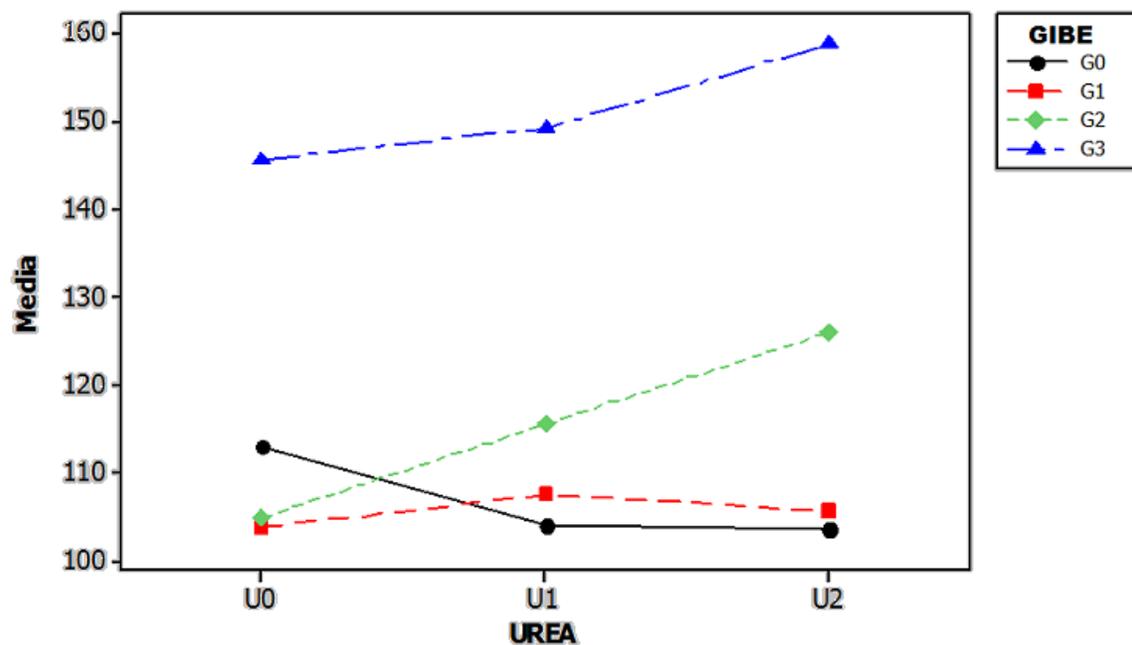
En el cuadro 5, se puede apreciar la respuesta de las variables evaluadas por efecto de la interacción de GIBE por UREA, en donde de manera general, se observa que todas las variables mostraron una respuesta estadísticamente a la aplicación de giberelina a la dosis de 200 mg L⁻¹ (G3) y a la mayor dosis de urea (U2), a excepción de la variable longitud de hoja (LH) en donde la mejor interacción fue de G3 sin urea (G0).

En el mismo cuadro 5, para la comparación múltiple de medias para la variable REND se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos G3U2 y G3U1 con respecto a los demás tratamientos incluyendo el testigo (G0U0), aunque se observa que G3U1 y G3U0 son estadísticamente iguales. En la gráfica 1, se muestra cómo los tratamientos con mayor dosis de AG₃, sin considerar si se aplica o no la urea, presentan un elevado efecto; esto indica que la dosis de giberelina (G3) es la que manifiesta la mayor acción concentrando dicho efecto en las raíces y en las hojas para un mayor crecimiento, tal como fue observado por Metzger y Zeevart, (1992), González (2010) y Garza (2001). Por otra parte, es posible que los incrementos en la variable REND se relacionen con lo encontrado por Bora (1999) que menciona que la aplicación de AG₃ incrementa la producción de giberelinas en la raíz y produce un incremento en su actividad celular lo que repercute en que la planta pueda abordar una mayor cantidad de

nutrientes del suelo; aunque en este trabajo la aplicación de urea fue de forma foliar se considera que pudo existir esa repercusión de que la aplicación de AG_3 estimulara una mayor absorción de la urea de aplicada foliarmente, dando como resultado un mayor REND. Para esta variable, los tratamientos antes mencionados, estadísticamente, producen el mismo resultado y se puede emplear cualquiera de ellos, pero desde un punto de vista práctico es más conveniente aplicar el tratamiento G3U2 porque se obtiene un mayor rendimiento.

Como ya se mencionó, Bora (1999) establece que la aplicación de AG_3 en combinación con nutrientes, incrementa la producción de giberelinas en la raíz y produce un incremento en su actividad que se refleja en el rendimiento. En este trabajo también se considera que el aumento en REND pudo deberse a incrementos en el ancho de la hoja (AH) y longitud de la hoja (LH) que mostraron diferencias significativas para los valores mayores de giberelina y urea y, en conjunto pudieron contribuir a tal respuesta, ya que muestran una correlación positiva con el REND (Cuadro 3). Se considera que las correlaciones observadas, en gran parte se deben a que la aplicación de giberelina y urea se realizó en una etapa del cultivo en la cual las plantas se encontraban en un simultáneo crecimiento de órganos vegetativos, por lo que es probable que los fotosintatos formados estaban siendo canalizados a puntos de demanda para el crecimiento en el ancho de hoja (AH) y longitud de la hoja (LH).

Gráfica 1. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable REND.

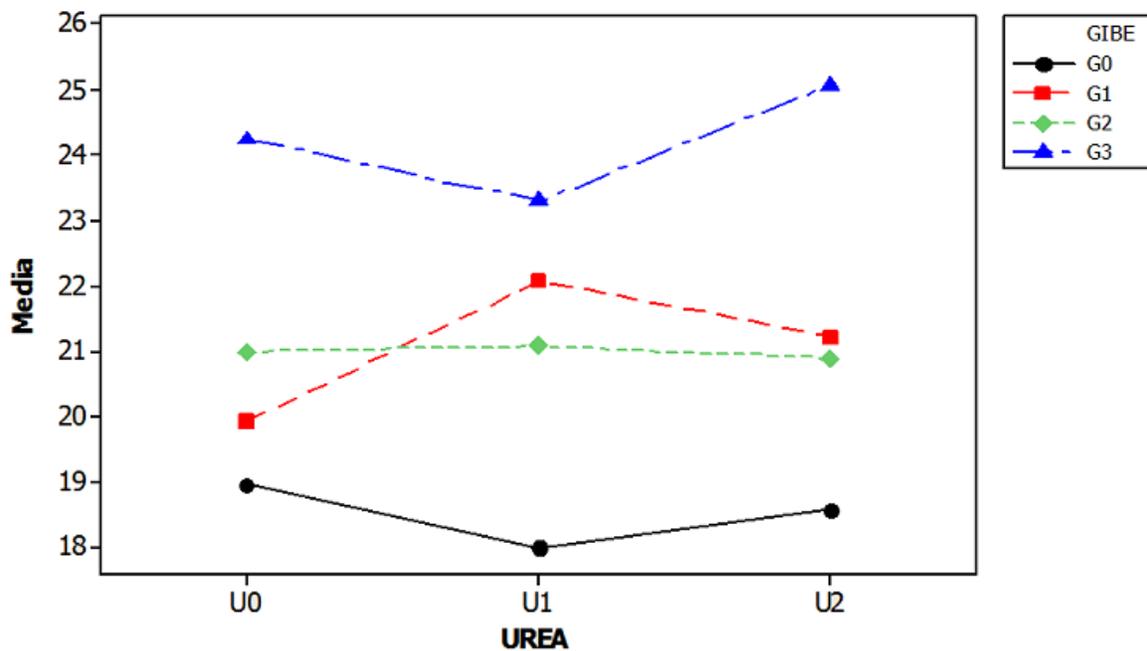


Con lo anterior, se puede corroborar que la variedad que se manejó en este trabajo, respondió de manera diferente a la dosis de aplicación de AG_3 y urea y esto también puede atribuirse a que el cultivar tuvo buen comportamiento en su ciclo vegetativo, de acuerdo a las condiciones ambientales que prevalecieron en el experimento y al manejo agronómico que se llevó a cabo con las plantas.

Para la variable número de hojas por planta (NHP) se observaron diferencias significativas en el tratamiento G3U2 que superó estadísticamente a los demás tratamientos; aunque se presentaron resultados en tratamientos como G2U1, G2U2, G2U0 que no presentaron diferencia estadística significativa en comparación con el testigo (G0U0) (Cuadro 5). Los resultados obtenidos en este trabajo no difieren de los encontrados por Jacinto (2003), quien encontró diferencia significativa para esta variable.

En la gráfica 2, se presenta cómo el tratamiento de mayor dosis de aplicación de giberelina y urea fue el mejor. Es posible que para esta variable los resultados obtenidos se deban a una activación en los procesos metabólicos de las plantas, por los cuales, el crecimiento y desarrollo de las células vegetales se llevan a cabo en un tiempo menor de lo normal dando como resultado un incremento en el número de hojas por planta, como en parte lo señalan Zeevaart (1991) y Gostinchar (1993).

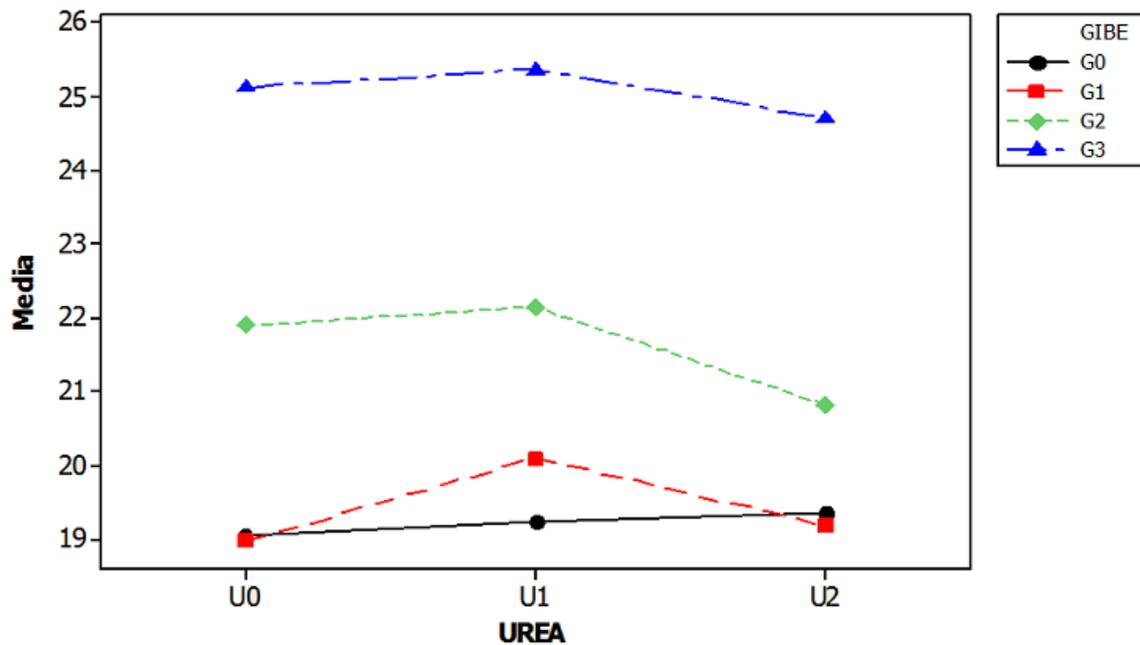
Gráfica 2. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable NHP.



En cuanto a la altura de planta (AP), los resultados indican que los mejores tratamientos fueron la aplicación de G3 con la interacción de U1, U2 y también con el testigo (U0) (Cuadro 5 y Gráfica 3). Esto, en parte, concuerda con Jacinto (2003) quien encontró un mayor efecto con dosis altas de giberelinas, además González (2010) y Garza (2001) también reportan que un incremento en el peciolo influye en una mayor altura de planta.

Cabe mencionar que en la fecha de cosecha el porte de las plantas tratadas fue más erecto que las plantas del testigo y el porte se conservó a partir de la aplicación de los tratamientos.

Gráfica 3. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable AP.

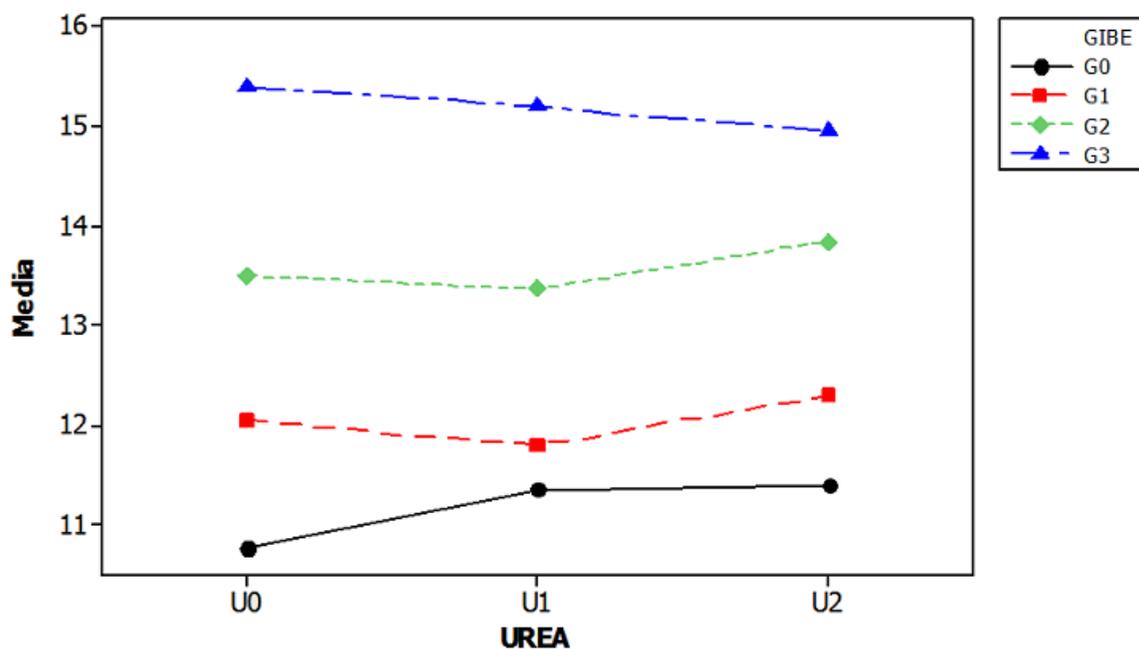


En longitud de hoja (LH) y ancho de hoja (AH) se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos G3U2, G3U1 y G3U0 con respecto al testigo (G0U0) y demás tratamientos (Cuadro 5), lo cual indica que los tratamientos de AG₃ más urea, muestran efectos más prolongados en la hoja, esto es hablando estadísticamente; pero en el caso de la variable LH, en la gráfica 4 se puede observar que el tratamiento G3U0 tuvo un mejor promedio que los tratamientos G3U1 y G3U2. También en la variable AH, el tratamiento G3U1 presentó un promedio ligeramente superior a los tratamientos G3U2 y G3U0 (Gráfica 5).

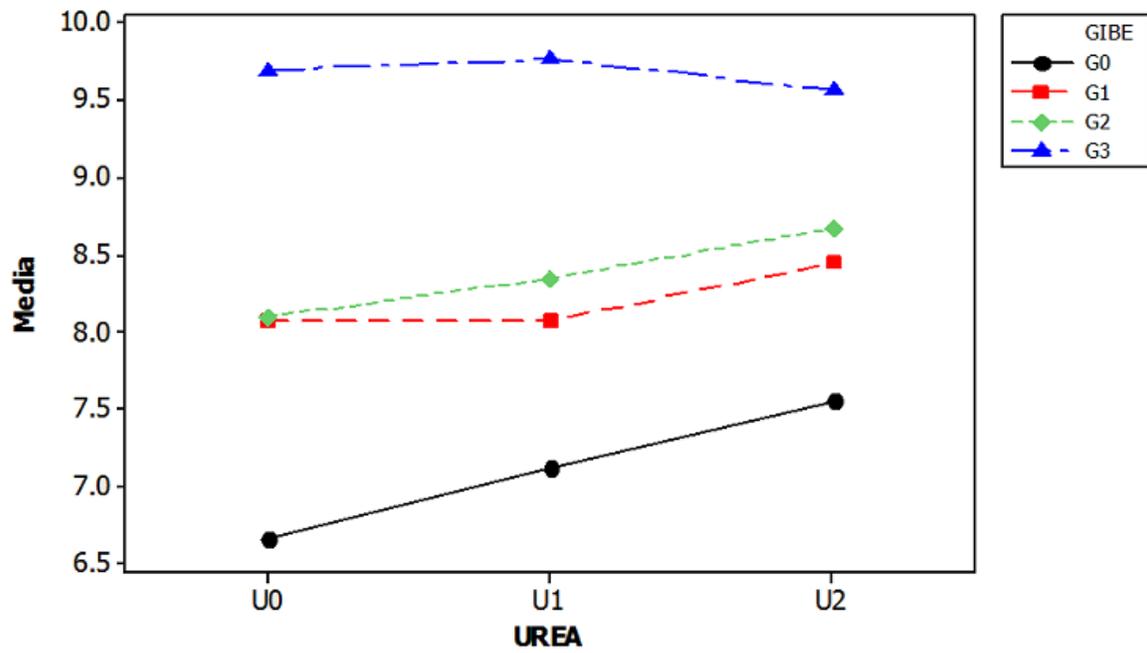
Se considera que al momento de la aplicación de los tratamientos, las plantas se encontraban en una etapa de desarrollo en el cual se manifestaron los efectos de la urea, pero principalmente del AG_3 . Lo anterior difiere de lo encontrado por Jacinto (2003) y Garza (2001) que no encontraron efectos significativos en las variables estudiadas.

Por último, es importante considerar que la fecha de aplicación de AG_3 más urea a los 37 dds fue la apropiada, ya que la planta se encontraba en una etapa de desarrollo en la cual los efectos del AG_3 más urea se manifestaron, tal como lo menciona Jacinto (2003) debido principalmente, a los efectos producidos por el AG_3 que se presentan alrededor a los ocho días después de la aplicación, como se demostró en todas las variables estudiadas.

Gráfica 4. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable LH.



Gráfica 5. Interacción de los factores GIBE x UREA para la variable AH.



Cuadro 5. Comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey para efecto de la interacción GIBE x UREA en las variables estudiadas.

TRATAMIENTO	REND	NHP	AP	LH	AH
G0 U0	113.0 d	19.0 e f g	19.0 d	10.8 g	6.6 f
G0 U1	104.0 d	18.0 g	19.2 c d	11.4 f g	7.1 e f
G0 U2	103.6 d	18.6 g	19.4 c d	11.4 f g	7.5 d e
G1 U0	103.9 d	19.9 d e f g	19.0 d	12.1 e f g	8.1 c d
G1 U1	107.5 d	22.1 b c d	20.1 c d	11.8 f g	8.1 c d
G1 U2	105.7 d	21.2 c d e	19.2 c d	12.3 d e f	8.5 b c
G2 U0	104.9 d	21.0 c d e f	21.9 b	13.5 c d	8.1 c d
G2 U1	115.6 c d	21.1 c d e f	22.1 b	13.4 c d e	8.4 b c
G2 U2	125.9 c	20.9 c d e f	20.8 b c	13.9 b c	8.7 b
G3 U0	145.6 b	24.3 a b	25.1 a	15.4 a	9.7 a
G3 U1	149.2 a b	23.3 a b c	25.4 a	15.2 a b	9.8 a
G3 U2	158.8 a	25.1 a	24.7 a	14.9 a b	9.6 a

Valores con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

VI. CONCLUSIONES

1. Los niveles de 200 mg L⁻¹ de AG₃ y de 2% de urea aplicados a los 37 dds resultaron los mejores para aumentar el rendimiento en el cultivo de espinaca en el municipio de Coyotepec, Estado de México.
2. Los mayores niveles de AG₃ y de urea también incrementaron otras características de la planta, que influyeron en dicho rendimiento, como la altura de planta (AP), número de hojas por planta (NHP), longitud de hoja (LH) y ancho de hoja (AH), y que se toman en cuenta para la oferta comercial.
3. Los niveles de AG₃ más urea lograron superar las características de rendimiento fijadas por su potencial genético, basándose en la comparación con el testigo que tuvo una menor manifestación en las variables evaluadas.
4. Los tratamientos aplicados modificaron el porte normal de las plantas, haciéndolo más erecto; este porte se mantuvo hasta la cosecha.
5. La urea, en ninguno de sus niveles evaluados, se detectó que haya influido en la coloración normal del follaje de las plantas haciendo la comparación con el testigo.
6. Las aplicaciones de AG₃ en cualquiera de las dosis evaluadas, no influyeron en que se presentara un amarillamiento del follaje de las plantas en ninguno de los tratamientos.
7. La fecha de aplicación de AG₃ más urea a los 37 dds fue la apropiada ya que la planta se encontraba en una etapa de desarrollo, en la cual se manifestaron los efectos del AG₃ más urea.

VII. RECOMENDACIONES

En virtud de que en el presente estudio se contempló la inclusión de dos dosis de urea que auxiliaran a determinar la relación con el AG_3 para evaluar el efecto de un posible amarillamiento en el follaje de las plantas de espinaca debido a la aplicación de AG_3 , se sugiere que en posteriores trabajos similares se considere tal relación con objeto de conocer y generar información de los posibles efectos que en conjunto puedan ser originados, sobre todo para establecer una mejor interpretación de la influencia de la urea con el crecimiento y desarrollo de las plantas de espinaca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Aguilar, R T. 2009. Respuesta de de 240 progenitores de maíz (*Zea mays* L.) variedad NLVS-30 a la fertilización foliar en Apodaca, Nuevo León. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey. Monterrey, Nuevo León. México.
2. Almaguer, V G. 2002. Efectos de la interacción del ácido giberélico (AG₃) y urea en la elongación apical y productividad en frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) cv. Citadel. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México.
3. Badawi, M A, K Sharar y F Elhe. 2008. Response of vegetative growth and flowering behaviour of *Spinacea oleracea* L. to gibberellin application. Research Bulletin Shams University 9: 14-18. (Abstract).
4. Bastos, A L y M L Moreno. 1999. Interacción del fotoperiodo y acción hormonal en espinaca. Universidad de Turrialba. Anales Científicos 14(4): 30-34. (Abstract).
5. Bhore, D P y S S Patil. 2008. Comparative efficiency of soil and foliar application. J. Exp. Bot. 20 (63): 288-301.
6. Bora, P C. 1999. Interactions between GA and N on the uptake of nutrients in young plants of tomato. Indian Journal Agriculture. Science. 40 (11): 961-966. (Abstract).
7. Chapman, J M y E G Jordan. 1999. Influence of gibberellic acido on nucleolar size changes in storage tissue disc. Journal of Experimental Botany 22(7): 620-626.
8. Coic, Y. 2000. Engrais azotes et utilisation de l`energie lumineuse par les plantes cultivées. Comtes Rendus des Seances de l`Académi d`Agriculture de France 66(7): 620-625. (Abstract).
9. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2013. www.conagua.gob.mx/climatologia/reporte/Anual (Fecha de consulta: 15 de enero de 2014).

10. Gajón, A I. 2001. Apuntes de Horticultura Moderna. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
11. Garza, L J N. 2001. Estudio preliminar sobre el efecto de aplicaciones de ácido giberélico (AG₃) en espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
12. Gimler, H, B Helman, B. Demming y W Hartung. 2001. The permeability coefficients of the plasmalemma and the chloroplast envelope of spinach. Biosci 36 (8): 672-678. (Abstract).
13. Goleniowski, M, J Rossy, B Tizio, T Kraus y M Turelli. 2001. Foliar mineral nutrition in horticultural plants. Phyton 40(1): 73-80. (Abstract).
14. González, M R, N R Lanier y K M Edwards. 2009. Effect of gibberellic acid on yield and quality components of spinach. Arkansas. Farm Research 40 (1): 5-15.
15. González, M R y D B Marx. 2003. Effect of gibberellic acid on yield and quality of fall-harvested and overwintered spinach. Journal of the American Society for Horticultural Science 108 (4): 647-651.
16. González, M R. 2010. Effect of gibberellic acid on yield components and post harvest quality of spinach. Hortscience 15(3): 273-280.
17. Gostinchar, J D. 1993. Reguladores de crecimiento. Ed. Oikos-Tav. Barcelona, España. pp: 13-52.
18. Gorini, F. 1990. El cultivo de la espinaca. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 90 p.
19. Grigoryan, A K, R S Gareyan, y E F Antonian. 2007. Two crops of potatoes/year. Journal of the American Society for Horticultural Science (108 (4): 647-651.
20. Guenkov, G. 1984. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. pp: 239-244.
21. Harrington, J F. 2000. The effects of temperatura on the germination of several kinds of vegetable seed. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp: 67-71.

22. Heras, C C. 2006. Proceso de extracción de clorofila a partir de espinaca (*Spinacea oleracea*). Tesis de licenciatura. Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
23. Hrischer, F. 1998. La espinaca: producción y comercialización. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp: 6-7.
24. Iordanov, I T. 1998. The effect of high temperature on the rate of photosynthesis of spinach cultivars. Agricultural and Biological Chemistry 4(3): 23-28 (abstract).
25. Jacinto, M R. 2003. Efecto de las aplicaciones foliares de ácido giberélico (AG₃) en espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
26. Leñano, F. 2010. Como se cultivan las hortalizas de hoja. Ed. Vecchi. Barcelona, España. pp: 139-155.
27. Magallón, B S. 2007. Efectos de cinco fechas de siembra en calidad y rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en la región de Gral. Escobedo, Nuevo León. Tesis de licenciatura. Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. México.
28. Mehrotra, M D, N S Sinha, K B Lal y U K Pandey. 2000. Foliar fertilization for vegetables crops. Horticulture 42: 137-142.
29. Metzger, J D. y J A Zeevaart. 1992. The distribution of gibberellins in various organs of spinach in relation to photoperiod. American Soc. of Plant Physiology 61(4): 49-55.
30. Miller, E V. 1987. Fisiología Vegetal. Ed. UTHEA. México, D. F. pp: 205-223.
31. Oorchot, J L P. 1990. Effects of daylength upon growth and development of spinach. Agricultural Research Journal of Netherland. 6(18): 10-12. (abstract).

32. Panel, C y A Greppin. 2005. The balance between acid and basic peroxidases and its photoperiodic control in spinach leaves. Plant Science Letters 5(1): 41-48. (Abstract).
33. Parlevliet, J E. 1996. The influence of external factor on the growth and development of spinach cultivars. Ed. Medelingen. Netherlands. pp: 1-75.
34. Peavy, W S y J K Greig. 1993. Yield of fall-planted spinach surviving low temperatures. Horticulture Science 8(2): 140-144.
35. Rajeeven, P K y N S Rao. 2000. Effect of soil and foliar application of nitrogen on the growth and yield of brinjal (*Solanum melongena* L.) under rainfed conditions. Agricultural Research Journal of Kerala 18(1): 45-50. (Abstract).
36. Roger, L M. 2000. Crop growth and culture. Iowa State University. Press Amess. pp: 34-39.
37. Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. México, D. F. pp: 159-171.
38. Schwemmer, E. 2003. Urea gives better results. Journal of Horticulture 27(4): 195-200.
39. Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO). 2010. Agroportunidades. Boletín de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Año 2 No. 11. Metepec, Estado de México. México.
40. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. SAGARPA. México. www.siap.gob.mx/index (Fecha de consulta 23-mayo-2014).
41. Simonds, N W. 1996. Evolution of crop plants immunity and breeding of cultivated plants. Ronald Press, Co. New Jersey, USA. pp: 31-35.
42. Statical Analysis System (SAS) User`s guide. 1999. Versión 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
43. Tallarico, R. 2003. Evaluations of the yield reponse of spinach to treatment with plant growth regulators and biostimulants. Notiziario de Ortoflorofruitticoltura 9(3): 130-135. (abstract).

44. Vavilov, V N. 1981. The origin variation of plants cultivated plants. Ronald Press, Co. New Jersey, USA. pp: 109-122.
45. Zeevaart, J.A. 1991. Effects of photoperiod on growth rate and endogenous gibberrellins in the longday rosette plant spinach. Plant Physiology 7: 821-827.

IX. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable rendimiento (REND).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
GIBE	2	16435.1	5478.4	214.86	0.000
UREA	1	370.0	185.0	7.26	0.002
BLO	3	56.9	19.0	0.74	0.534
GIBE*UREA	6	1136.2	189.4	7.43	0.000
Error	33	841.4	25.5		
Total	45	18839.5			

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable número de hojas por planta (NHP).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
GIBE	2	195.712	65.237	63.69	0.000
UREA	1	1.495	0.748	0.73	0.490
BLO	3	1.719	0.573	0.56	0.646
GIBE*UREA	6	16.180	2.697	2.63	0.034
Error	33	33.804	1.024		
Total	45	248.910			

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable altura de planta (AP).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
GIBE	2	267.234	89.078	175.54	0.000
UREA	1	3.964	1.982	3.91	0.030
BLO	3	2.294	0.765	1.51	0.231
GIBE*UREA	6	3.895	0.649	1.28	0.294
Error	33	16.746	0.507		
Total	45	294.132			

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja (LH).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
GIBE	2	111.9675	37.3225	115.53	0.000
UREA	1	0.4004	0.2002	0.62	0.544
BLO	3	0.3542	0.1181	0.37	0.778
GIBE*UREA	6	1.9563	0.3260	1.01	0.436
Error	33	10.6608	0.3231		
Total	45	125.3392			

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable ancho de hoja (AH).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
GIBE	2	40.1083	13.3694	256.51	0.000
UREA	1	1.4904	0.7452	14.30	0.000
BLO	3	0.3250	0.1083	2.08	0.122
GIBE*UREA	6	1.2529	0.2088	4.01	0.004
Error	33	1.7200	0.0521		
Total	45	44.8967			

