



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

USO DE FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE ESPINACA
(Spinacea oleracea L.)

Alumno: Sosa Anabela Natalia

DNI: 34.588.156

Director: Ing. Agr. Ramos, Diego

Codirector: Ing. Agr. Salusso, Fabricio

Río Cuarto - Córdoba

Noviembre 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final: “Uso de fertilizantes en la producción de espinaca
(*Spinacea oleracea* L.)”**

Autora: Sosa Anabela Natalia

Director: Ing. Agr. Ramos Diego

Codirector: Ing. Agr. Salusso Fabricio

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Pautasso Gaston _____

Ing. Agr. Bongiovanni Marcos _____

Ing. Agr. Ramos Diego _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____

Secretaria Académica _____

AGRADECIMIENTOS

No podría presentar este trabajo, sin antes agradecer a mis padres Nelly y Robert, por confiar en mí y darme la posibilidad de estudiar y formarme profesionalmente, a mis hermanos Martin, Paula y Agustín, a mi pareja Maximiliano que me ayudó y acompañó en esta gran y tan linda etapa de la vida.

Es importante recordar a mis compañeras/os de estudio y amigas con las cuales he compartido tantas vivencias durante este camino universitario, y por haber estado cuando necesite de ellas.

Por último, agradezco al Ingeniero Agrónomo Salusso Fabricio por su tiempo, dedicación y sabiduría, que me ha servido de apoyo y enseñanza durante este trabajo final de grado, y a la Universidad Nacional de Río Cuarto por haberme formado académica y humanamente.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1. Cultivo de espinaca	1
1.1 Producción mundial y nacional	1
1.2 Valor nutricional	1
1.3 Morfología	2
1.4 Requerimientos edafoclimáticos y nutricionales	2
II. HIPÓTESIS	5
III.OBJETIVOS	5
1.1 Objetivos generales	5
1.2 Objetivos específicos	5
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	6
1. Características del sitio de estudio	6
2. Características climáticas de la región	6
3. Características del ensayo experimental	7

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
1. Determinación de la condición nutricional del suelo	9
2. Evolución de la biomasa fresca y seca durante el ciclo del cultivo	9
3. Rendimiento final en biomasa fresca y seca	10
4. Relación Biomasa seca/Biomasa fresca	11
5. Análisis económico	12
VI. CONCLUSIONES	14
VII. BIBLIOGRAFÍA	15

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Contenido promedio de nitrógeno de nitratos, nitratos, humedad, materia orgánica, fósforo y pH hasta los 20 cm de profundidad.	9
Cuadro 2: Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total en biomasa fresca (BF) y seca (BS) del cultivo de espinaca.	10
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total en biomasa fresca (BF) y seca (BS) del cultivo de espinaca a los 130 dds.	13

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Precipitaciones medias mensuales y temperatura media mensual ambiente del periodo 1993-2011. Precipitaciones y temperatura media del periodo de estudio (Junio 2010-Mayo 2011).	6
Figura 2. Preparación del terreno	7
Figura 3. Esquema del diseño experimental en bloques completos al azar	7
Figura 4. Colocación del sistema de riego por goteo.	8
Figura 5. Sistema de riego por goteo	8
Figura 6. Crecimiento de la espinaca	8
Figura 7. Pleno crecimiento de la espinaca	8
Figura 8. Evolución de biomasa fresca (Kg.ha-1) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos.	10
Figura 9. Evolución de biomasa seca (Kg.ha-1) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos	11
Figura 10. Evolución de biomasa seca/biomasa fresca (Kg.ha-1) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos	11

RESUMEN

El cultivo de espinaca tiene importancia para su consumo en fresco como en la industria del deshidratado o congelado, al igual que otros vegetales de hoja, esta especie es poco eficiente en la recuperación de nutrientes, lo cual demanda aplicaciones con altas dosis de fertilizantes para lograr altos rendimientos. Un adecuado contenido de nitrógeno permitirá un incremento de las tasas de división y diferenciación celular, como así también la actividad fotosintética, esto se traduce en mayor biomasa vegetativa o reproductiva en los cultivos por una alta eficiencia en la intercepción y conversión de la radiación. La espinaca es una de las hortalizas más exigentes en nitrógeno, el mismo cumple una función muy importante al aumentar la resistencia de las hojas a la manipulación. Con el objetivo de evaluar los efectos de diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) durante la temporada de otoño-invierno, se sembró a campo a chorrillo corrido con un distanciamiento de 0,35 m entre hileras en un diseño experimental de bloques completos al azar, siendo los tratamientos: Testigo sin fertilizar (T); Dosis 1(100 kg.ha⁻¹ de N) y Dosis 2 (200 kg.ha⁻¹ de N). La aplicación del mismo se realizó en forma manual al costado de la hilera de siembra. El riego se efectuó mediante un sistema de goteo y las variables evaluadas fueron la evolución de la biomasa fresca y seca durante el ciclo del cultivo y el rendimiento final en Kg.ha⁻¹. Los resultados mostraron una tendencia hacia un mayor rendimiento en los tratamientos con dosis crecientes de fertilizante (100 y 200 Kg.ha⁻¹ de N) registrándose el mayor rendimiento en biomasa fresca de 19.414,29 Kg.ha⁻¹ para el tratamiento Dosis 2.

Palabras claves: fertilización nitrogenada, espinaca (*Spinacea oleracea* L.), rendimiento.

SUMMARY

The cultivation of spinach is important for fresh consumption as in the dehydrated or frozen industry, like other leafy vegetables, this species is not very efficient in the recovery of nutrients, which demands applications with high doses of fertilizers to achieve high yields. An adequate nitrogen content will allow an increase in cell division and differentiation rates, as well as photosynthetic activity, this translates into greater vegetative or reproductive biomass in crops due to a high efficiency in the interception and conversion of radiation. Spinach is one of the most demanding vegetables in nitrogen, it plays a very important role in increasing the resistance of the leaves to handling. In order to evaluate the effects of different doses of nitrogen fertilization on the production of biomass and the yield of spinach (*Spinacea oleracea* L.) during the autumn-winter season, it was planted directly with a distance of 0.35 m between rows in an experimental design of randomized complete blocks, the treatments being: Witness without fertilization (T); Dose 1 (100 kg.ha⁻¹ N) and Dosage 2 (200 kg.ha⁻¹ N). The application of the same one was carried out in manual at the side of the row of planting. Irrigation was carried out using a drip system and the variables evaluated were the evolution of fresh and dry biomass during the crop cycle and the final yield in Kg.ha⁻¹. The results showed a tendency towards a higher yield in the treatments with increasing doses of fertilizer (100 and 200 Kg.ha⁻¹ of N) with the highest yield in fresh biomass of 19.414,29 Kg.ha⁻¹ for the treatment Dosage 2.

Key words: nitrogen fertilization, spinach (*Spinacea oleracea* L.), yield.

I. INTRODUCCIÓN

1. Cultivo de espinaca

1.1 Producción mundial y nacional

La espinaca, originaria de Asia central, fue muy apreciada por los árabes que conquistaron la cuenca mediterránea y la expandieron por ella. Fue introducida en América por los colonizadores españoles (Ruano Bonilla, 2000).

Según datos de FAO (2000) la producción mundial de espinaca es de unas 7.755.161 t y está distribuida por continentes de la forma siguiente: África 85.000 t; Asia 6.872.577 t; Europa 512.675 t; América Norte y Central 266.890 t; Oceanía 7.200 t; Sudamérica 10.819 t.

Mundialmente se exportan 71.705 t de espinacas, siendo la distribución de las exportaciones realizadas por continentes de la siguiente manera: África 12 t; Asia 11.986 t; Europa 37.142 t; América Norte y Central 22.560 t; Oceanía 3 t; Sudamérica 2 t (FAO, 1999).

La producción de hortalizas en Argentina se realiza en casi todo su territorio debido a la diversidad de climas que posee, sin embargo la producción comercial que abastece a los principales centros urbanos de consumo se localiza en determinadas regiones. Éstas se han desarrollado por sus condiciones agroecológicas adaptadas para cada especie hortícola (Fernández Lozano, 2012).

La espinaca, especie importante dentro de los cultivos de hoja, es uno de los cultivos invernales más característicos que se lleva a cabo tanto en invernadero como directamente a campo (Siliquini *et al.*, 2007).

En Argentina, la espinaca presenta un alto consumo tanto fresco como congelado, sin embargo, el nivel de producción es muy bajo en comparación con el resto de los países. Dentro del grupo de hortalizas de hojas verdes, la espinaca se encuentra en el 4º lugar, luego de la cebolla de verdeo, con el 5,2% del volumen total producido en el país (3.517 t.) (COFECYT, 2008).

La producción de espinaca se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año. La quinta parte de la espinaca transformada por la industria Argentina se destina a la exportación, siendo sus principales destinos los países del norte y centro de Europa, ya que éstos son grandes consumidores de espinacas. El cultivo tiene muy buenas expectativas de futuro, especialmente para industria debido al creciente mercado europeo (Poumavab *et al.*, 2010).

1.2 Valor nutricional

La espinaca es rica en vitamina A y E, yodo y varios antioxidantes. También contiene elevado ácido oxálico, por lo cual su consumo debe realizarse con moderación. Es muy apreciada por su elevado valor nutritivo en general y su riqueza vitamínica en particular

(Maroto, 1986).

La espinaca (*Spinacia oleracea*) también es rica en vitamina K. Este alimento también tiene una alta cantidad de vitamina B9. Se encuentran entre los alimentos más bajos en calorías ya que 100 g. de este alimento contienen tan solo 20,74 kcal. Entre las propiedades nutricionales de las espinacas cabe destacar que tiene los siguientes nutrientes: hierro, proteínas, calcio, fibra, potasio, yodo, zinc, magnesio, sodio, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, vitamina B5, vitamina B6, vitamina B7, vitamina E, fósforo, y purinas (León y Víctor, 2015).

1.3 Morfología

La espinaca pertenece a la familia de las *Quenopodiáceas*, de raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial que forma una roseta de hojas pecioladas, con un limbo que puede ser sagitado o triangular-ovalado, de márgenes enteros o sinuosos y de aspecto rizado, lisos o abollados, alcanzando entre 15 y 25 cm de altura (Di Benedetto, 2005). En estado vegetativo se caracteriza por la producción de hojas, luego pasa por una etapa de desarrollo de roseta de hojas cuya duración es influenciada fundamentalmente por factores climáticos como la radiación, temperatura y el fotoperíodo (Mezquiriz, 2007).

En su fase reproductiva la planta desarrolla un escapo floral que puede alcanzar los 80cm. Es una especie dioica, las flores masculinas aparecen en espigas terminales o axilares en grupos de 6 a 12. Las flores femeninas se agrupan en glomérulos axilares. Fructifican en aquenios, que son comercializados como semillas, lisos o espinosos y son relativamente grandes (Di Benedetto, 2005).

La semilla mantiene su poder germinativo normal de 3 a 5 años. En un gramo entran, aproximadamente, 90 a 110 semillas lisas y de 80 a 90 semillas pinchosas. El ciclo o duración del cultivo está comprendido entre 2 y 4 meses (Serrano Cermeño, 1976).

Botánicamente se pueden encontrar dos subespecies:

**Spinacea oleracea* L.ssp glabra Mill: poseen las hojas anchas y semillas redondas.

**Spinacea oleracea* L. spp spinosa Moench: esta variedad es de hojas puntiagudas y semillas pinchosas. En general, la mayor parte de las variedades cultivadas pertenecen a esta segunda subespecie (Laserna, 2014).

1.4 Requerimientos edafoclimáticos y nutricionales

En relación a los requerimientos térmicos de la germinación, Valadez (1993) y González (1997), señalan que las condiciones óptimas se encuentran en un rango de temperaturas de entre los 10 y 15 °C, pudiendo llegar a emerger con estas condiciones entre los 10 a 12 días. Soporta temperaturas por debajo de 0°C, que si persisten, además de originar lesiones foliares, producen una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo

suficiente. La temperatura mínima mensual de crecimiento es de aproximadamente 5°C. La adaptabilidad a las temperaturas bajas es de gran importancia práctica, dado que la mayor demanda de esta verdura coincide con el periodo otoño-invernal.

Las condiciones de radiación y temperatura influyen decisivamente sobre la duración del estado de roseta. Al alargarse los días (más de 14 horas luz) y al superar la temperatura de 15°C, las plantas pasan de la fase vegetativa (roseta) a la fase reproductiva (emisión de tallo y flores). La producción de biomasa vegetativa se reduce mucho si el calor es excesivo y largo el fotoperíodo, dado que las plantas permanecen en la fase de roseta muy poco tiempo, con lo que no se alcanza un crecimiento adecuado. Las lluvias irregulares son perjudiciales para la buena producción de espinaca y la sequía provoca una rápida elevación, especialmente si se acompaña de temperaturas elevadas y de días largos (Poumavab *et al.*, 2010).

La espinaca es una especie bastante exigente en cuanto a suelo y prefiere terrenos de buena estructura física, de reacción química equilibrada, profundo, bien drenado, de consistencia media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno. No debe secarse fácilmente, ni permitir el estancamiento de agua en suelos ácidos con pH inferior a 6,5; en suelos de pH ligeramente alcalino produce el enrojecimiento del pecíolo y a pH muy elevado es muy susceptible a la clorosis (Poumavab *et al.*, 2010).

La espinaca (*Spinacea oleracea L.*) es un cultivo anual de ciclo corto, que por el aprovechamiento de sus hojas requiere de altas cantidades de nutrientes para mantener su rápido crecimiento (Biernond *et al.*, 1996) y adquirir el color verde oscuro que atrae a los consumidores (Branderberger *et al.*, 2004). Al igual que otros vegetales de hoja, esta especie es poco eficiente en la recuperación de nutrientes, lo que genera aplicaciones con altas dosis de fertilizantes para lograr altos rendimientos (Sajirani *et al.*, 2012; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2012). El hecho anterior, frecuentemente resulta en grandes pérdidas de los nutrientes aplicados al suelo por lixiviación, particularmente los de alta movilidad como nitrógeno (N), azufre (S) y boro (B) (Obreza y Morgan, 2011), y en la acumulación excesiva de nitratos y oxalatos en el órgano de interés económico, los cuales son dañinos para el hombre (Libert y Franceschi, 1987).

Adecuados contenidos de nitrógeno, incrementan las tasas de división y diferenciación celular, como así también la actividad fotosintética, esto se traduce en mayor biomasa vegetativa o reproductiva en los cultivos por una alta eficiencia en la intercepción y conversión de la radiación. La espinaca es una de las hortalizas más exigentes en nitrógeno, tanto para suplir sus necesidades bioquímicas, como para la obtención de una buena calidad, debido a que esta planta se comercializa principalmente en fresco, el nitrógeno cumpliría una función muy importante al aumentar la resistencia de las hojas a la manipulación. Es conveniente también, emplear el potasio en abonado de cobertura (Hoyos *et al.*, 2009).

Un aspecto a considerar en esta especie como en otras hortalizas de hoja es que

muestran una tendencia a acumular elevados niveles de nitratos. Es por ello que un exceso de nutrientes en el suelo ya sea como consecuencia de la fertilización de base o por presencia de altos niveles de nitrógeno, puede ocasionar incrementos considerables en el nivel de nitratos en las hojas (Ferrato *et al.*, 2010).

El contenido de nitrógeno en la biomasa de las plantas varía desde 1% hasta 5% y dicho nutriente es absorbido bajo la forma de NO_3^- (nitrato) o NH_4^+ (amonio) (Marschner, 2002; Hammad *et al.*, 2007), siendo el primero absorbido en mayor frecuencia, debido a que el amonio es oxidado en nitrato con mayor rapidez por las bacterias nitrificantes (Salisbury y Ross, 2000). Sin embargo, fundamentando la absorción en el balance energético de la planta, el amonio sería la fuente preferida de nitrógeno por el bajo costo energético para la síntesis de proteínas comparado con el nitrato. Esto implica que las plantas que utilizan amonio como fuente de nitrógeno pueden tener mayores niveles de carbohidratos y proteínas (Echeverría y Saiz, 2005). Las dosis de fertilizantes recomendadas por hectárea y por año oscilan entre 100 kg de N_2 , 35 kg de P_2O_5 , 135 kg de OK_2 , 42 kg de CaO y 20 kg de MgO para un rendimiento entre 10000 y 15000 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. (Di Benedetto, 2005).

II. HIPOTESIS

La fertilización nitrogenada contribuirá a aumentar la producción de biomasa en el ciclo del cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Evaluar los efectos de diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) para una producción otoño-invernal en el cinturón hortícola de Río Cuarto, Córdoba (Argentina).

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la condición inicial de los principales nutrientes en el suelo.
- Evaluar la producción de materia fresca y seca de la espinaca expresado en ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) durante el ciclo de crecimiento del cultivo.
- Determinar el rendimiento total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) al final del ciclo del cultivo.
- Realizar un análisis económico para determinar la mejor alternativa de fertilización

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4. 1. Caracterización del sitio de estudio

El ensayo se realizó en el Campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre la Ruta Nacional 36, Km 601, (33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, 421 m.s.n.m.), Departamento Río Cuarto, Córdoba (Argentina). El suelo del sitio es de textura franca arenosa, clasificado como Haplustol típico y de aptitud agrícola (Cantero *et al.*, 1986).

4. 2. Características climáticas de la región

El departamento de Río Cuarto se caracteriza por presentar un régimen de precipitaciones tipo monzónico. La precipitación media anual varía entre 550 y más de 990 mm. La precipitación media de los últimos 20 años en Río Cuarto fue 801 mm, los meses de mayor precipitación son Diciembre y Enero, con 130 mm por mes, mientras que para Junio y Julio la media alcanza los 12 mm mensuales (ADESUR, 1999).

La región presenta una marcada amplitud térmica a lo largo del año, con temperaturas bajo cero en los meses más fríos (Junio y Julio) y por encima de 35 °C en los meses de verano (Diciembre y Enero). El periodo libre de heladas es de 256 días y va desde mediados de Septiembre hasta mediados de Mayo (ADESUR, 1999).

El viento es otro componente climático importante en la región, su dirección predominante es de NE a SO y las mayores velocidades se dan en el periodo de Julio a Noviembre. Hacia el SO de la región se incrementan tanto la frecuencia como la intensidad (ADESUR, 1999).

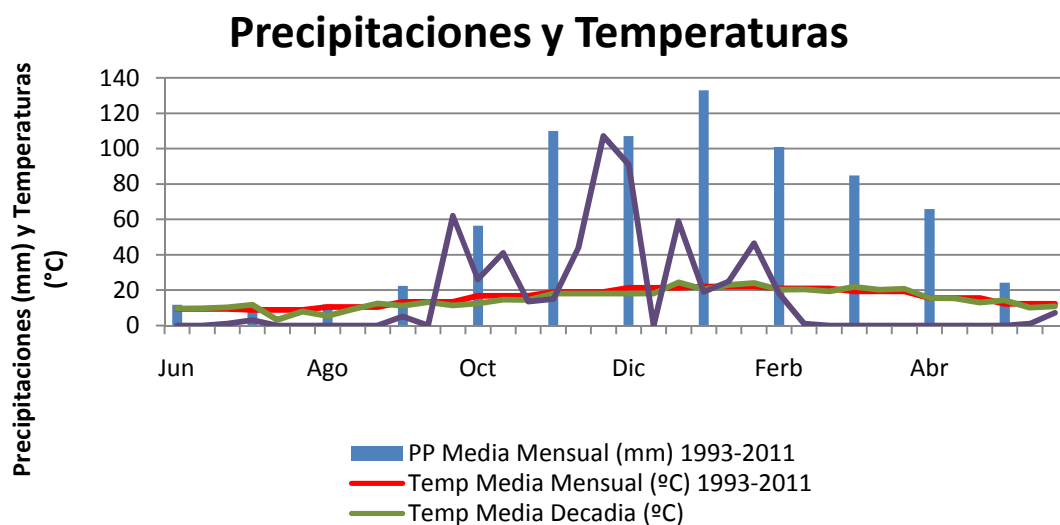


Figura 1. Precipitaciones medias mensuales y temperatura media mensual ambiente del periodo 1993-2011. Precipitaciones y temperatura media del periodo de estudio (Junio 2010-Mayo 2011).

4. 3. Caracterización del ensayo experimental

El terreno fue acondicionado mediante una pasada de rastra de discos con rolos desterronadores (Figura 2). La siembra del cultivo de espinaca se realizó el día 23 de Abril de 2014, mediante siembra directa y a chorrillo corrido, con un distanciamiento de 0,35 m entre hileras. Se utilizó el híbrido Monza F1 a razón de 25kg.ha⁻¹.

Al momento de la siembra se efectuó un análisis de suelo para determinar el contenido inicial de materia orgánica, nitrógeno de nitratos, nitrato, fósforo y pH, hasta los 20 cm de profundidad.



Figura 2. Preparación del terreno

Los tratamientos se correspondieron con diferentes dosis de fertilización nitrogenada: 100 kg.ha⁻¹ de N (D1); 200 kg.ha⁻¹ de N (D2) y un testigo (T) sin fertilizar. La aplicación del fertilizante se realizó en forma manual a chorrillo corrido al costado de la hilera de siembra en una sola aplicación después de la siembra.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, con 3(tres) tratamientos y 4 (cuatro) repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 29,4m², las subparcelas fueron de 2,45 m², y la unidad experimental, se correspondió con las líneas de siembras centrales de cada subparcela (Figura 3).

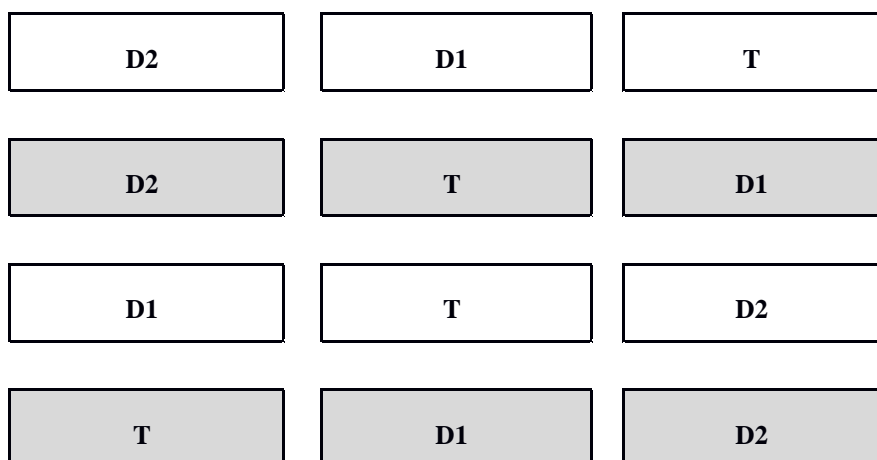


Figura 3. Esquema del diseño experimental en bloques completos al azar.

El riego a campo se realizó mediante un sistema localizado por goteo (Figura 4 y 5). La línea de riego estuvo compuesta por una tubería de PVC ubicada en la cabecera de las hileras de siembra. Mediante el uso de conectores se colocaron líneas de cinta de goteo con 10 emisores por metro lineal, con un caudal de $0,85 \text{ L.hora}^{-1}$ para cada emisor.



Figura 4. Colocación del sistema de riego por goteo. **Figura 5.** Sistema de riego por goteo

Durante la etapa de crecimiento del cultivo se determinó la evolución de la producción de biomasa aérea en peso fresco y peso seco (Kg.ha^{-1}) (Figura 6,7 y 8). Para ello se extrajeron muestras de $0,25 \text{ m}^2$ en diferentes fechas de corte durante el ciclo del cultivo y el material recolectado fue llevado a estufa a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 hs hasta lograr peso constante. Durante el último corte se evaluó el rendimiento total en peso fresco y peso seco (kg.ha^{-1}).



Figura 6. Crecimiento de la espinaca

Figura 7. Pleno crecimiento de la espinaca

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa Infostat, aplicando ANAVA y análisis de comparación de medias con el test de LSD Fisher ($p < 0,05$). En anexo se muestran los resultados estadísticos completos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. 1. Determinación de la condición nutricional del suelo

En el cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de suelo realizado días previos a la siembra para determinar su condición nutricional inicial.

Cuadro 1. Contenido promedio de nitrógeno de nitratos, nitratos, humedad, materia orgánica, fósforo y pH hasta los 20 cm de profundidad.

Profundidad	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H°	MO	P	pH
cm	ppm	ppm	%	%	ppm	
0 a 10	11,38	50,43	19,39	1,60	22,25	6,61
10 a 20	11,28	49,99	20,56	1,83	23,50	6,56

La condición nutricional inicial del suelo de la unidad experimental, presentó un pH cercano a la neutralidad, adecuado para la disponibilidad de nitrógeno en la solución de suelo y no ser limitante para el crecimiento de la espinaca (*Spinacea oleracea* L.). Así mismo la concentración de nitrógeno, en ambas formas, es buena para una situación inicial, ya que la forma NO₃⁻ (nitrato) es absorbido en mayor frecuencia, debido a que el amonio (NH₄)⁺ es oxidado en nitrato con mayor rapidez por las bacterias nitrificantes (Salisbury y Ross, 2000), a pesar de ser el amonio la fuente preferida de nitrógeno por la plantas por el bajo costo energético para la síntesis de proteínas comparado con el nitrato (Echeverría y Saiz, 2005). El P presentó niveles suficientes para suplir los requerimientos de este cultivo.

5. 2. Evolución de la biomasa fresca y seca durante el ciclo del cultivo

El análisis de la evolución de la biomasa aérea fresca y seca durante el ciclo del cultivo determinó durante el primer corte (110 dds), que no hubo efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa fresca ($p= 0,6592$) y seca ($p= 0,5563$) en los diferentes tratamientos. Si se pudo observar que existió una tendencia hacia un aumento de la producción de biomasa en los tratamientos con mayor aporte de fertilizante coincidiendo con lo propuesto por Sajirani *et al.*, (2012); Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, (2012); Biemond *et al.*, (1996). De igual manera, en el segundo corte (120 dds), tampoco se encontró efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa fresca ($p= 0,6410$) y seca ($p= 0,3529$) en los diferentes tratamientos (Figura 8).

Sin embargo, en el tercer corte (130 dds) se manifestaron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento D2 fue el que mejores resultados permitió obtener en el cultivo, logrando un valor de 19.414,29 Kg.ha⁻¹ de biomasa verde, un 24% más que el tratamiento T. Es importante considerar que el tratamiento D2 solo representó un 7% más de aumento en relación

a D1, donde se aplicó la mitad de la dosis de N. En la Figura 8 se muestra la evolución de biomasa fresca ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) durante el ciclo del cultivo según tratamientos.

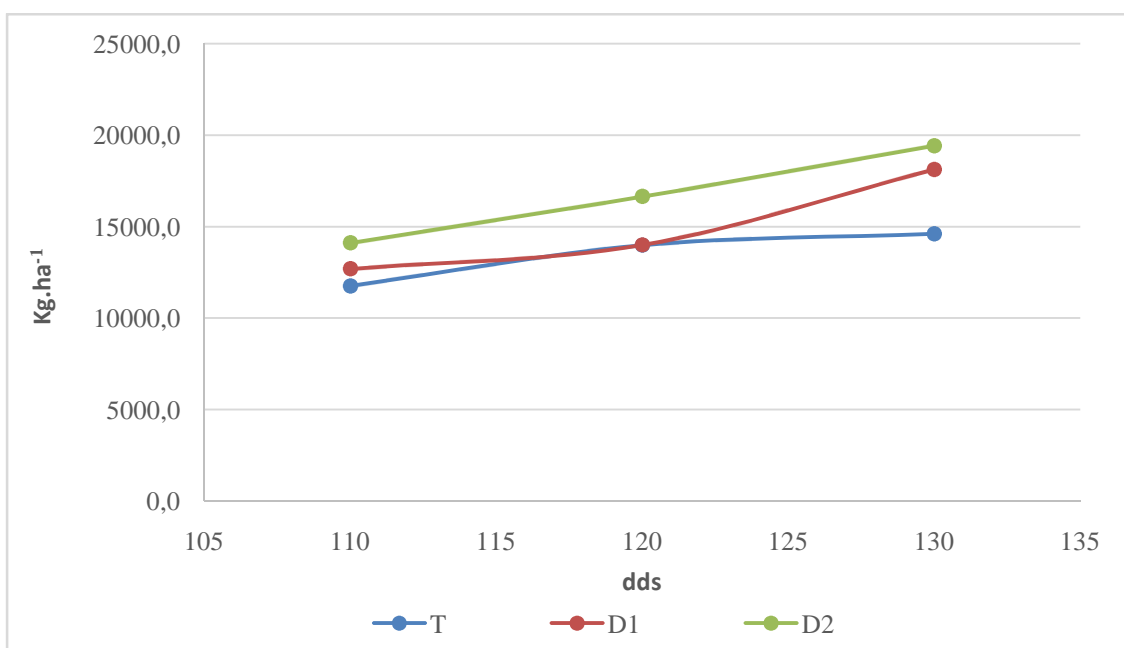


Figura 8. Evolución de biomasa fresca ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos

Por otra parte, a pesar de haber logrado un aumento importante en cantidad o volumen de producción al aumentar las dosis de N en el cultivo, sería de suma importancia realizar un análisis de la calidad obtenida, ya que la fertilización nitrogenada contribuye al aumento del contenido de nitratos en hoja, lo cual puede ocasionar problemas en la salud de los consumidores (Moreno *et al.*, 2015).

En cuanto a la producción de biomasa seca los resultados observados en el tercer corte indicaron que existió una respuesta a los tratamientos, con aumentos más significativos, en el orden de un 90% en el tratamiento D1 y superior al 100% en el tratamiento D2 en relación al testigo. Lograr aumentos significativos del contenido de materia seca puede tener gran importancia en la producción para la industria del deshidratado en este cultivo. Figura 9.

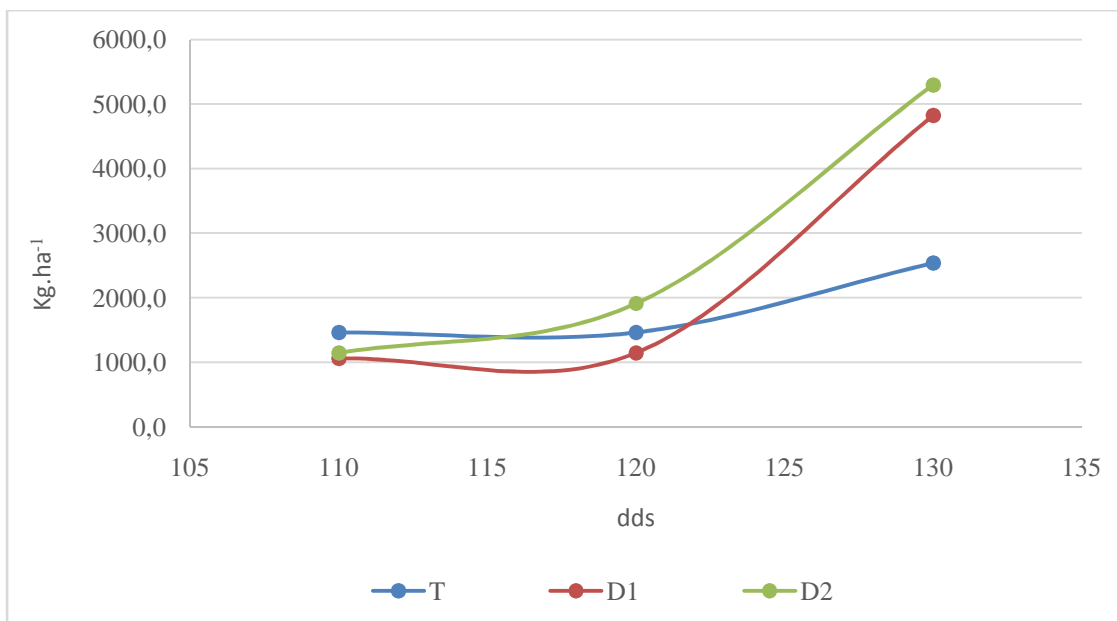


Figura 9. Evolución de biomasa seca (Kg.ha⁻¹) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos

5. 3. Rendimiento final en biomasa fresca y seca

El rendimiento de biomasa fresca estuvo afectado por la incorporación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado, con valores que van desde los 14614,3 Kg.ha⁻¹ en el tratamiento T hasta 19414,29 Kg.ha⁻¹ en D2. De igual modo, el rendimiento en biomasa seca se incrementó con valores entre los 2534,43 Kg.ha⁻¹ en el tratamiento T y 5297,57 Kg.ha⁻¹ en D2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total en biomasa fresca (BF) y seca (BS) del cultivo de espinaca a los 130 dds.

Tratamiento	BF Kg.ha ⁻¹	BS Kg.ha ⁻¹
T	14614,30 a	2534,43 a
D1	18128,57 ab	4824,93 b
D2	19414,29 b	5297,57 b

*Medias con igual letra no difieren significativamente ($p > 0,05$), según test de LSD Fisher.

Esto concuerda con lo expresado por Sajirani *et al.* (2012) y Gutiérrez-Rodríguez *et al.* (2012), que al ser una especie poco eficiente en la recuperación de nutrientes genera aplicaciones con altas dosis de fertilizantes para lograr altos rendimientos y mantener su rápido crecimiento (Biemond *et al.*, 1996).

5. 4. Relación Biomasa seca/Biomasa fresca

En la Figura 10 se muestra la relación entre la biomasa seca y la biomasa fresca (BS/BF) para cada uno de los tratamientos. Se observó que a medida que se incrementó la dosis de fertilización nitrogenada la relación BS/BF respondió positivamente, con aumentos en el orden de 54 y 58% para el tratamiento D1 y D2, respectivamente en comparación al tratamiento T.

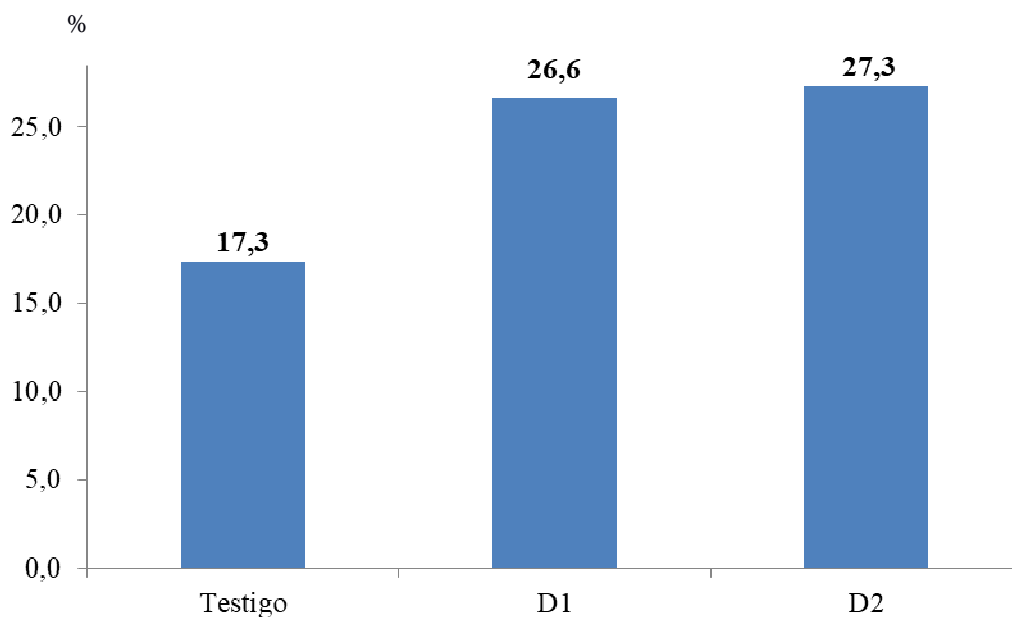


Figura 10. Evolución de biomasa seca/biomasa fresca (Kg.ha⁻¹) en los días después de la siembra (dds) según tratamientos

Este incremento podría ser beneficioso cuando se destina la producción de este cultivo a la industria del deshidratado, ya que permitiría un mayor rendimiento en materia seca, reduciendo los tiempos y costos de secado del producto.

5.5. Análisis económico

De acuerdo a los resultados obtenidos se realizó una evaluación económica de la mejor alternativa para las dosis de fertilización empleadas en el estudio. Para ello, se determinó una relación costo/beneficio considerando el costo del fertilizante nitrogenado (Urea), el precio de venta de la espinaca (\$.kg⁻¹). Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total en biomasa fresca (BF) y seca (BS) del cultivo de espinaca a los 130 dds.

Tratamientos	Costo de fertilización (\$ ha⁻¹)	Rendimiento en Biomasa fresca (kg ha⁻¹)	Precio de venta (\$ kg⁻¹)	Ingreso Bruto (\$ ha⁻¹)
T	0	14.614,30	35	511.000
D1	1.230	18.128,57	35	634.500
D2	2.460	19.414,29	35	679.500

Si comparamos el ingreso bruto que el productor obtendría por el uso del fertilizante con respecto al no uso (Testigo) se observa una marcada diferencia. El mayor contraste se obtuvo con la dosis más alta de fertilizante (D2), respecto al testigo. Esto nos demuestra que el uso de fertilizantes nitrogenados contribuye al aumento en la producción del cultivo, directamente relacionado al ingreso económico del productor. Por otro lado, si bien el costo de fertilizar es mayor, el ingreso bruto se incrementa un 7,09%.

VI. CONCLUSIONES

- La fertilización nitrogenada logró aumentar la producción de la biomasa fresca y seca del cultivo de espinaca, principalmente hacia el final del ciclo del cultivo. No encontrándose diferencias en los dos primeros cortes.
- El mayor rendimiento en biomasa fresca fue de 19.414,29 kg.ha⁻¹ y se logró con una dosis de fertilizante de 200 kg.ha⁻¹ de Urea.
- El análisis económico determinó que la aplicación de fertilización nitrogenada resultó conveniente debido a que el ingreso extra generado por el incremento de la producción de biomasa del cultivo fue significativamente superior al costo de la fertilización.
- En futuras experiencias sería sumamente importante estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el posible aumento en el contenido de nitratos en el cultivo, lo cual puede traer consecuencias negativas para la salud de los consumidores.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN INTERINSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO DEL SUR DE CÓRDOBA. (1999). Plan Director. Secretaría Técnica de ADESUR. Universidad Nacional de Río Cuarto. 99 pp.
- BIEMONDB, H., J. VOS y P.C. STRUIK.1996. Effects of nitrogen on accumulation and partitioning of dry matter and nitrogen vegetables. 3. **Spinash. Netherland J. of Agricultural Science**. 44:227-239.
- BRANDENBERGER, L., L.K. WELLS, y M.M. HAIGH. 2004. Yield and quality of spinach cultivars for spring production in Oklahoma. **Hortechology** 14 (4): 602-605.
- CANTERO GUTIERREZ, A.; E. M. BRICCHI; V. H. BECERRA; J. M. CISNERO y H. A. GIL. 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Pp. 78.
- COFECYT. 2008. Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo: Hortalizas de hojas verdes (acelga, espinaca, lechuga) - La Pampa y Santa Cruz. En: http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs/santa_cruz/UIA_hortalizas_de_hoja_08.pdf. Consultado: Marzo 2013.
- DI BENEDETTO, A. 2005. **Manejo de cultivos hortícolas Bases ecofisiológicas y tecnológicas: Cultivo de Espinaca**. Editorial Orientación Gráfica Editora, 1° Edición, Buenos Aires. p 51-58.
- ECHEVERRÍA H.E. y H. SAINZ. 2005. Nitrógeno en el suelo. p 69-97. En: Echevarría, H.E. y F. García (eds.). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Buenos Aires
- FAO, 1999. Espinaca Origen y Producción. En: <http://www.fruitveg.com/sp/fichahort4.php3?Id=63>. Consultado: Marzo 2013.
- FAO, 2000. Espinaca Origen y Producción. En: <http://www.fruitveg.com/sp/fichahort4.php3?Id=63>. Consultado: Marzo 2013.
- FERNÁNDEZ LOZANO, J. 2012. Caracterización del sector y zonas de producción. **Producción de hortalizas en Argentina**. p 2.
- FERRATO, J. A.; MONDINO, M. C.; GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; LONGO, A.; CARRANCIO, L.; FIRPO, I. T.; ROTONDO, R.; ZEMBO, J .C.; CASTRO, G.; GARCÍA, M.; RODRIGUEZ FAZZONE, M y M.J. IRRIBARREN. 2010. Buenas prácticas agrícolas para la agricultura familiar. **Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina**. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO en Argentina)- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MINAGRI, Argentina) – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina) – Universidad Nacional del Rosario (UNR, Argentina). p 433-469.

- GONZALEZ, M. 1997. Alternativas hortícolas industrializables en la zona centro sur. **Alternativas para la modernización y diversificación agrícola**. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Anuario del Campo. Edición extraordinaria. Santiago, Chile. Publicaciones Lo Castillo. p 98-104.
- GUTIERREZ-RODRIGUEZ, E., H.J. LIETH, J.A. JERNSTEDT, J.M. LABAVITCH, T.V. SUSLOW, y M.I. CANTWELL. 2012. **Texture, composition and anatomy of spinach leaves in relation to nitrogen fertilization**. J. Sci FoodAgric. <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-2458.pdf>
- HOYOS, V., M. RODRÍGUEZ, J. F.CÁRDENAS-HERNÁNDEZ, H. E.BALAGUERA-LÓPEZ 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. p 177.
- HAMMAD,S.A.; M.A. ABOU-SEEDA; A.M. EL-GHAMRY Y E.M. SELIM. 2007. **Nitrate accumulation in spinach plants by using N-fertilizer types in alluvial soil**. J. Appl. Sci. Res. 3(7), p 511-518
- LASERNA, S. 2014. Espinaca, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. En <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/espinaca/396-espinacas-descripcion-morfologia-y-ciclo>. Consultado: Febrero 2015.
- LEÓN, P. y J. VÍCTOR. (2015). Elaboración y control de calidad de pan enriquecido con fibra de cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) y espinaca (*Spinacia oleracea*). Tesis Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- LIBERT, B., Y R. V. FRANCESCHI, 1987. **Oxalate in crop plants**. J. Agric. Foodchem. 35: p 926- 938.
- MAROTO, J. V. 1986. **Horticultura herbácea especial**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. p 253-265.
- MARSCHNER, H. 2002. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, London.
- MEZQUIRIZ, N. 2007. **Espinaca bajo cobertura Plástica**. Boletín Hortícola n° 36. p 20.
- MORENO, B.; SOTO O, K. y GONZALEZ R. 2015. El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular. Rev. chil. nutr. vol.42, n.2.
- OBREZA, A.T., Y K.T. MORGAN. 2011. **Nutrition of Florida citrus trees**. Soil and Water Science Department. University of Florida. Gainesville, Florida, USA. p 96.
- POUMAVAB, R.F, J.L. HERNANDEZ PIÑERO, A. CARRILLO PARRA, J.F. LOPEZ OLGUIN, O. VILLEGAS TORRES. 2010. **Hortalizas de Nuevo León: Espinaca**. Editorial Jiménez Editores e Impresores S.A, Ciudad de México, DF. p 89-90.

- RUANO BONILLA, S. 2000. **Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería:** Hortalizas aprovechables por sus hojas. Editorial Océano, Barcelona (España). p 580-581.
- SAJIRANI, E.B., M.J. SHAKOURI, Y S. MAFAKHERI. 2012. **Response of spinach (Spinacea oleracea L.) yield and nutrient up take to urea and manure.** Indian J. Sci. and Technology. 5(1): p 1953- 1955.Salisbury y Ross, 2000.
- SALISBURY, F.B. y C. W. ROSS. 2000. **Fisiología de las Plantas.** Paraninfo, Madrid, España. 998 p.
- SERRANO CARMEÑO, Z.1976. Cultivo de la espinaca. **PUBLICACIONES DE EXTENSION AGRARIA.** Bravo Murillo, 101. Madrid-20. L.S.B.N. 84-341-0420-2: p 4.
- SILIQUNI, O. A. GRÉGOIRE, H. C. SCARONE, J. G. y E. M. BAUDINO. 2007. **Comportamiento de la espinaca híbrida 424 cultivada bajo dos sistemas de protección.** Rev. Fac. Agronomía – UNL Pam, Vol 18 1/2 6300, Santa Rosa, Argentina. ISSN 0326-6184.
- VALADEZ, A. 1993. **Producción de hortalizas.** 3rd ed. D.F México, México. Limusa. p 295.

VIII. ANEXO

Análisis de la varianza MV Corte 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MV (Kg/ha) Corte 1	12	0,44	0,00	27,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	59609692,83	5	11921938,57	0,96	0,5097
Bloque	48453671,54	3	16151223,85	1,29	0,3592
Tratamiento	11156021,29	2	5578010,64	0,45	0,6592
Error	74857469,95	6	12476244,99		
Total	134467162,78	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7056,90954

Error: 12476244,9921 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1,00	10523,81	3	2039,30 A
2,00	11219,05	3	2039,30 A
3,00	14530,16	3	2039,30 A
4,00	15142,86	3	2039,30 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6111,46293

Error: 12476244,9921 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T	11761,91	4	1766,09 A
D1	12692,86	4	1766,09 A
D2	14107,14	4	1766,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza MS Corte 1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS(Kg/ha) Corte 1	12	0,51	0,09	24,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo.	563814,10	5	112762,82	1,23	0,3983
Tratamientos	354829,50	2	177414,75	1,93	0,2247
Bloque	208984,60	3	69661,53	0,76	0,5563
Error	550203,16	6	91700,53		
Total	1114017,25	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=523,94916

Error: 91700,5261 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
D1	1057,14	4	151,41 A
D2	1142,86	4	151,41 A
T	1457,14	4	151,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=605,00438

Error: 91700,5261 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1,00	990,47	3	174,83 A
3,00	1295,24	3	174,83 A
4,00	1295,24	3	174,83 A
2,00	1295,24	3	174,83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza MV Corte 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MV (Kg/ha) Corte 2	12	0,49	0,06	26,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91628062,79	5	18325612,56	1,15	0,4268
Bloque	76378551,07	3	25459517,02	1,60	0,2852
Tratamientos	15249511,71	2	7624755,86	0,48	0,6410
Error	95449334,11	6	15908222,35		
Total	187077396,90	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7968,62573

Error: 15908222,3515 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

1,00	12619,05	3	2302,77	A
2,00	14028,57	3	2302,77	A
4,00	14409,53	3	2302,77	A
3,00	19304,76	3	2302,77	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6901,03232

Error: 15908222,3515 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
D1	14000,00	4	1994,26 A
T	14628,57	4	1994,26 A
D2	16642,86	4	1994,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza MS Corte 2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS(Kg/ha) Corte 2	12	0,49	0,07	45,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2771498,68	5	554299,74	1,16	0,4220
Bloque	1586345,52	3	528781,84	1,11	0,4154
Tratamientos	1185153,15	2	592576,58	1,25	0,3529
Error	2855658,07	6	475943,01		
Total	5627156,74	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1378,32007

Error: 475943,0113 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
1,00	1169,05	3	398,31 A
2,00	1300,00	3	398,31 A
4,00	1435,24	3	398,31 A
3,00	2112,48	3	398,31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1193,66020

Error: 475943,0113 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
D1	1143,93	4	344,94 A
T	1458,93	4	344,94 A
D2	1909,72	4	344,94 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza MV Corte 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MV (Kg/ha) Corte 3	12	0,65	0,36	14,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	68565930,35	5	13713186,07	2,21	0,1809
Bloque	19175135,91	3	6391711,97	1,03	0,4433
Tratamientos	49390794,45	2	24695397,22	3,98	0,0793
Error	37194502,75	6	6199083,79		
Total	105760433,10	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4974,35020

Error: 6199083,7915 gl: 6

Bloque	Medias	n	E.E.
3,00	15971,44	3	1437,48 A
1,00	16895,24	3	1437,48 A
2,00	17257,14	3	1437,48 A
4,00	19419,05	3	1437,48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4307,91364

Error: 6199083,7915 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T	14614,30	4	1244,90 A
D1	18128,57	4	1244,90 A B
D2	19414,29	4	1244,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza MS Corte 3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS(Kg/ha) Corte	3	12	0,75	0,54 24,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19367267,76	5	3873453,55	3,63	0,0739
Bloque	1894317,91	3	631439,30	0,59	0,6427
Tratamientos	17472949,85	2	8736474,93	8,19	0,0193
Error	6401341,59	6	1066890,26		
Total	25768609,35	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2063,63307

Error: 1066890,2647 gl: 6

Bloque Medias n E.E.

3,00	3783,34	3	596,35	A
1,00	4102,09	3	596,35	A
2,00	4124,19	3	596,35	A
4,00	4866,29	3	596,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1787,15866

Error: 1066890,2647 gl: 6

Tratamientos Medias n E.E.

T	2534,43	4	516,45	A
D1	4824,93	4	516,45	B
D2	5297,57	4	516,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)