

Efecto de dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en campo

Mariela Herrera Quirós

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en campo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera Agrónoma en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Mariela Herrera Quirós

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2018

Efecto de dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa*) en campo

Mariela Herrera Quirós

Resumen: El nitrógeno es el elemento que se consume en mayor cantidad para producción de biomasa en las plantas. Los suelos destinados a producción de hortalizas anuales como la lechuga son constantemente labrados y por ende degradadas sus propiedades físicas y químicas. Por esto se debe fertilizar para optimizar la producción de la lechuga. Varios autores describen la relación entre la fertilización con nitrógeno y el rendimiento de la lechuga, como una correlación positiva. El objetivo del presente experimento fue determinar el efecto de cinco dosis de nitrógeno aplicadas presiembra en las variedades de lechuga Tropicana y Kristine. Las dosis evaluadas fueron 0, 15, 30, 45 y 60 kg/ha aplicados presiembra en complemento a la fertilización con 100 kg/ha por fertirriego. Fue un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones, en tres temporadas consecutivas entre julio y noviembre del 2017. No hubo efecto de las dosis de nitrógeno, ni la variedad, pero sí de la temporada, siendo la época de menor temperatura y precipitación la que generó mayor rendimiento (53.13 t/ha).

Palabras clave: Fertilización nitrogenada, lechuga, fertilización presiembra.

Abstract: Nitrogen is the element that is consumed in greater quantity for the production of biomass in plants. The soils destined for the production of annual vegetables such as lettuce are constantly cultivated and therefore their physical and chemical properties are degraded. For this reason, it must be fertilized to optimize the production of the lettuce. Several authors describe the relationship between fertilization with nitrogen and the yield of lettuce, as a positive correlation, which establishes that the more nitrogen available, the better the yield. The objective of the present experiment was to determine the effect of different doses of nitrogen on the Tropicana and Kristine lettuce varieties at the Pan-American Agricultural School Zamorano, Honduras. The doses evaluated were 15, 30, 45, and 60 kg/ha applied pre-planting in addition to the standard fertilization of the vegetable production unit Zone 3 in the Pan-American Agricultural School Zamorano. The experiment was established in a Design of Random Complete Blocks with four repetitions, in three consecutive seasons between July and November 2017. The nitrogen doses did not present a significant difference. Between the seasons of the end of the first rain, the heat and the start of the second rain, if there was a significant difference in the final yield at the harvest day, the season of the second rain was the one that presented the highest yield with an average of 53.13 t/ha.

Key words: Nitrogen fertilization, lettuce, pre-planting fertilization.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros y figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIÓN.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURA

Cuadros	Página
1. Textura, pH, carbono (C.O.), materia orgánica (M.O.) y nitrógeno del suelo de los lotes 28 y 42 para la evaluación del efecto de cinco con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, 2017 Zona 3, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	3
2. Fertilidad del suelo de los lotes 28 y 42 para la evaluación del efecto de cinco con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, 2017 Zona 3, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	4
3. Tratamientos para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres en el año, Zamorano, Honduras.....	6
4. Factores climáticos en las tres temporadas de siembra 28 de julio hasta el 1 de noviembre del 2017, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres en el año, Zamorano, Honduras.....	8
5. Significancia del diámetro de la roseta de la lechuga en el día 7, 14 y 21 después de transplante (DDT)para el ensayo de efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras..	9
6. Significancia de la interacción de la variable dependiente de diámetro de la roseta de la lechuga el día 7 y 14 después de transplante, entre los factores de variedades de lechuga utilizadas y las temporadas para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	10
7. Comparación del diámetro de la roseta de la lechuga en las tres temporadas de siembra para la evaluación de efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	10
8. Efecto del diámetro de la roseta al día siete después de transplante, entre los factores de dosis de nitrógeno y variedades de lechuga utilizadas, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	11
9. Diámetro de la roseta de la lechuga 7 y 14 DDT, entre los factores de variedades de lechuga utilizadas y las temporadas para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	12
10. Significancia del rendimiento de la lechuga para el ensayo de efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	12

11.	Comparación del rendimiento en las tres temporadas con la precipitación total y su temperatura promedio respectivamente, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	13
12.	Correlación entre el rendimiento y los factores climáticos de precipitación y temperatura para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	13

Figura		Página
1.	Precipitación, temperatura máxima, mínima y promedio de las tres temporadas entre las fechas de 28 de julio a 1 de noviembre del 2017, del ensayo de evaluación de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga, Tropicana y Kristine, en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.....	5

1. INTRODUCCIÓN

La erosión y degradación del suelo es una realidad. Afecta la mayoría de las tierras arables y destinadas a la agricultura. La erosión compromete la capacidad productiva del suelo, su contenido de materia orgánica y su disponibilidad de nutrientes para las plantas (Morgan 2005). Una tierra destinada a la producción de cultivos anuales se caracteriza por tener bajo contenido de materia orgánica y nutrientes, la constante labranza del suelo para los cultivos anuales provoca erosión en mayoría de los casos (Pimentel *et al.* 1995).

La labranza degrada este recurso no renovable y compromete la viabilidad de la agricultura (Morgan 2005). Cuando el suelo no es capaz de aportar los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo de los cultivos, se practica la fertilización, la cual es un proceso a través del cual se preparará a la tierra añadiéndole diversas sustancias, que tienen el objetivo de hacerla más fértil y útil para la siembra y la plantación de semillas (Andreu *et al.* 2006). La lechuga es una hortaliza de la cual se produjo aproximadamente 76,291 toneladas en el 2011 en Honduras (Miñambres y Halsouet 2011). Los nutrientes que se requieren en mayor cantidad en una planta de lechuga son el nitrógeno, el potasio y el fósforo (Theodoracopoulos 2008).

El nitrógeno conforma de tres a cuatro por ciento de los tejidos aéreos de las plantas. Es parte de la estructura básica de los aminoácidos los cuales conforman las proteínas, por ende, conforman mayor parte de la clorofila. La clorofila con ayuda de la luz solar, es la responsable de la producción de azúcares en la planta (Andriolo *et al.* 2006). El nitrógeno se presenta en el suelo en forma de amonio o nitrato, el cual es añadido por distintas fuentes naturales, entre ellas residuos orgánicos y procesos microbiológicos.

El nitrógeno naturalmente cumple un ciclo para ser asimilado por las plantas. Este ciclo requiere de factores como lo son las bacterias y organismos descomponedores (Ciceana 2005). Los organismos integran el nitrógeno atmosférico y lo hacen asimilable para las plantas. La fertilización es por excelencia la mejor manera de incorporar los nutrientes que le faltan al suelo para optimizar la producción de un cultivo (Bertsch 2003). Una técnica utilizada es la realización de curvas de absorción de nutrientes en los cultivos, las cuales son específicas para cada cultivo en condiciones específicas de cada localidad (Andreu *et al.* 2006).

El nitrógeno es crucial para procesos biológicos de la planta y requiere ser absorbido en forma de nitrato y amonio. El mismo se transforma a una forma asimilable para ser absorbido y así evitar las pérdidas del nutriente por volatilización o por erosión (Bhupinder *et al.* 2011). La fertilización debe ser precisa y acompañada de buenas prácticas agrícolas.

Para optimizar la utilización de los recursos y evitar pérdidas, cabe recalcar que existen varias técnicas de fertilización (Andreu *et al.* 2006).

La lechuga es una hortaliza perteneciente a la familia de Asteraceae, del género *Lactuca* y la especie *sativa*. Este cultivo posee tres fases, las cuales dos son de formación y la última es de reproducción. La primera fase es cuando desarrolla una roseta de hojas, la segunda forma el cogollo de manera compacta y finalmente forma el tallo floral (Lardizabal 2010).

La lechuga se ha adaptado a ser producida en distintas altitudes y rangos de temperatura, pero se establece que su mayor rendimiento y las condiciones más favorables para este cultivo son: una altitud mayor a los 1,000 msnm con una temperatura promedio de 18 °C. Es preferible producirla en temperaturas bajas ya que a altas temperaturas desmejora la calidad y el rendimiento (Lardizabal 2010).

Para optimizar la producción de la lechuga, se recomienda acondicionar el suelo a un pH entre 5.5 y 6.5, en un suelo franco con un buen drenaje. Cabe recalcar que para optimizar el desarrollo radicular del cultivo se debe sembrar entre 20-30 cm aproximadamente, en camas con 30cm de altura (Lardizabal 2010).

Éste experimento se enfoca en proporcionar cinco dosis de nitrógeno con una fertilización presiembra con nitrato de amonio el cual contiene un 33% de nitrógeno, como complemento a una fertilización base de 100 kg/ha establecida por la unidad de producción de hortalizas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

El objetivo fue determinar el efecto de cinco dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga, Tropicana y Kristine, en tres temporadas del año, y también determinar la mejor dosis de nitrógeno en el cultivo de lechuga en dos variedades Tropicana y Kristine, finalmente determinar el efecto de la época del año en la siembra y producción de dos variedades de lechuga Tropicana y Kristine en Zamorano, Honduras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El experimento se realizó en los lotes 28 y 42 de Zona 3 de la unidad de Oleicultura en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, a 30 km al Este de Tegucigalpa, a una altitud de 800 msnm. Entre los meses de julio a noviembre de 2017.

Cultivo.

En el estudio se utilizaron dos variedades de lechuga: Tropicana y Kristine, las cuales se plantaron en los lotes 28 y 42 de la Zona 3 de Zamorano. Se establecieron los semilleros para las tres temporadas en la Unidad de Ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las semillas fueron sembradas en bandejas plásticas de 128 celdas, se utilizaron 19 bandejas. Se utilizó un sustrato de turba PINTRUP para la siembra. Las plántulas permanecieron 21 días en condiciones controladas antes de ser llevadas a campo.

El trasplante a campo se estableció en una densidad de 66,666 plantas/ha. Se sembraron en camas levantadas distanciados a 1.5 m entre sí, con tres hileras, al tresbolillo, con un distanciamiento de 30 cm entre plantas.

Suelo.

En junio de 2017, se realizó un análisis del suelo de los lotes 28 y 42 de Zona 3, utilizados para el ensayo, en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

La textura varió entre los lotes de franco arenoso en el lote 28 y franco en el lote 42. El pH para el lote 28 fue ligeramente ácido a 6.06 y del lote 42 fue moderadamente ácido a 5.96. La materia orgánica estaba por debajo del rango óptimo en ambos lotes. El nitrógeno sobrepasó el rango medio en ambos lotes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Textura, pH, carbono (C.O.), materia orgánica (M.O.) y nitrógeno del suelo de los lotes 28 y 42 para la evaluación del efecto de cinco con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, 2017 Zona 3, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Lotes	Textura	g/100g			pH (H ₂ O)	g/100g		
		Arena	Limo	Arcilla		C.O.	M.O.	N
28	Franco Arenoso	60	24	16	6.06	0.67	1.15	0.06
42	Franco	46	36	18	5.96	1.04	1.79	0.09

En su mayoría las propiedades químicas del suelo no variaron entre los lotes. El fósforo y el potasio superaron los niveles recomendados. El calcio se encontró en un rango óptimo. El magnesio estuvo por debajo de los niveles recomendados. El azufre en el lote 28 estaba por debajo de los niveles recomendados a diferencia del contenido del mismo en el lote 42, el cual estaba en un nivel óptimo. El cobre se encontró en el rango medio. El hierro y manganeso superaron el rango medio recomendado. Zinc y boro se encontraron por debajo del rango medio recomendado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilidad del suelo de los lotes 28 y 42 para la evaluación del efecto de cinco con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, 2017 Zona 3, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Lotes	mg/kg (extractable)										
	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
28	97	380	1165	120	6	ND	1.9	207	156	2.1	0.2
42	114	552	1403	149	10	3	2.3	283	151	2.3	0.2

ND: no detectado

Prácticas agrícolas.

Las camas en campo se prepararon con una semana de anticipación, cada cama fue de 0.9 m de ancho y 45 cm de alto. Se instaló un sistema de riego por goteo antes del trasplante, cada gotero con un caudal de 0.4 L/h y una separación de goteros de 20 cm. La unidad de Oleicultura de Zamorano proporcionó una fertilización nitrogenada de 100 kg/ha distribuido en tres aplicaciones semanales durante el ciclo del cultivo por fertirriego. El manejo y mantenimiento del cultivo fue proporcionado por la misma unidad, estas prácticas de manejo y mantenimiento incluyeron el desmalezado manual, el riego y las aplicaciones para la sanidad del cultivo.

Condiciones climáticas.

Se definieron tres temporadas para el ensayo con cinco dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga Tropicana y Kristine. La primera temporada corresponde al final de la primera época de lluvias entre el 28 de julio al 25 de agosto del 2017. La segunda temporada de canícula, la cual se considera una disminución de las lluvias, desde 22 de agosto al 3 de octubre del 2017. La tercera temporada, el inicio de segunda época de lluvias se definió entre el 17 de octubre hasta el 1 de noviembre del 2017 (Figura 1).

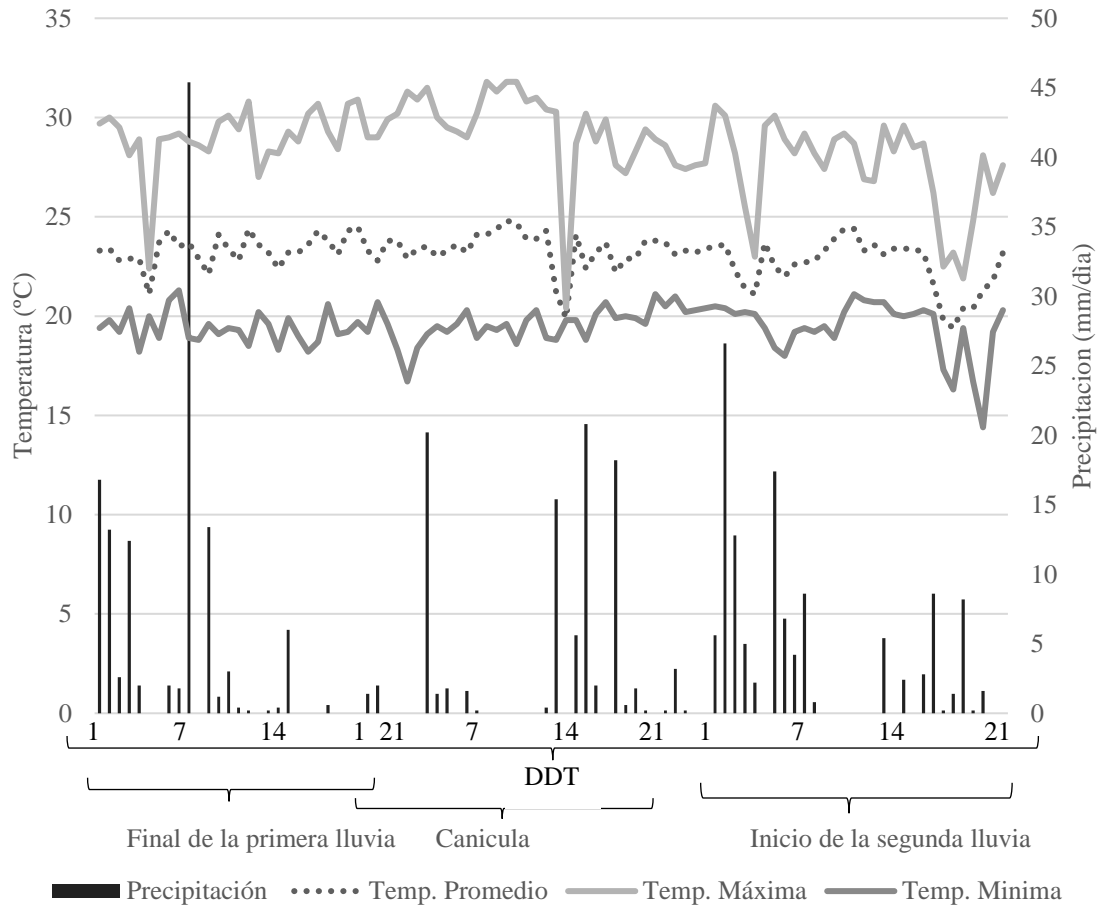


Figura 1. Precipitación, temperatura máxima, mínima y promedio en tres temporadas de siembra de lechuga entre las fechas de 28 de julio a 1 de noviembre del 2017, del ensayo de evaluación de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga, Tropicana y Kristine, Zamorano, Honduras.

DDT: Días después de transplante

Fuente: Estación climatológica, Unidad de riego y maquinaria, Zamorano, Honduras.

Tratamientos.

Se evaluó el efecto de la aplicación de cinco dosis de nitrógeno: 0, 15, 30, 45 y 60 kg/ha aplicadas en forma de fertilizante presiembra con una fuente de nitrato de amonio al transplante, en tres temporadas del año, al final de las primeras lluvias, canícula, e inicio de las segundas lluvias, con dos variedades de lechuga: Kristine y Tropicana para un total de 30 tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en el año, Zamorano, Honduras.

Temporada	Variedad	Dosis de nitrógeno (kg/ha)
Final de primeras lluvias	Tropicana	0
		15
		30
		45
		60
	Kristine	0
		15
		30
		45
		60
Canícula	Tropicana	0
		15
		30
		45
		60
	Kristine	0
		15
		30
		45
		60
Inicio de la segunda lluvia	Tropicana	0
		15
		30
		45
		60
	Kristine	0
		15
		30
		45
		60

Variables.

Diámetro de la roseta de lechuga.

Se midió el diámetro cada siete días después del trasplante (DDT), con una regla cruzando por el centro en cruz y se promediaron las dos medidas. Se tomaron cinco medidas por unidad experimental cada siete días.

Mortalidad de la lechuga.

Se contaron las plantas vivas al día de cosecha en el área de cada unidad experimental.

Rendimiento.

El rendimiento obtenido de la cosecha de cada unidad experimental fue convertido a t/ha. En la temporada de final de las primeras lluvias y canícula se pesó la unidad experimental completa, en la temporada de inicio de las segundas lluvias solo se la pesó unidad observacional, a una densidad de 66,666 plantas/ha.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) en arreglo factorial de $3 \times 2 \times 5$ siendo tres temporadas de siembra, dos variedades de lechuga, cinco dosis de nitrógeno, con cuatro repeticiones, para un total de 30 tratamientos. En la primera y tercera temporada cada unidad experimental fue conformada por 20 plantas y en la segunda temporada por 40 plantas. La unidad observacional fue de cinco plantas por unidad experimental.

Se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) para el análisis de varianza con de separación de medias por Duncan y un grado de significancia mínimo del 5%. En las interacciones encontradas con diferencia significativa se utilizó la prueba de separación de medias t de Student, utilizando el programa SAS versión 9.4.

Se realizó una correlación de Pearson entre los factores climáticos de temperatura y precipitación con el rendimiento de cada temporada de producción, utilizando el programa de InfoStat.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas durante el experimento.

La primera temporada corresponde al final de las primeras lluvias, entre el 28 de julio hasta el 25 de agosto del 2017, esta temporada fue la de mayor intensidad en lluvias, acumulo un total de 125 mm, de los 19 días en que llovió, y el día de mayor precipitación 45.4 mm. La temperatura promedio de la temporada fue de 23.3 °C con un mínimo de 18.2 °C y un máximo de 30.9 °C. La canícula en esta región, es considerada como la época donde las lluvias cesan durante un periodo. En el 2017 ocurrió desde el 22 de agosto hasta el 3 de octubre, sin embargo, ese año las lluvias disminuyeron, pero no cesaron. En esta temporada se acumularon 102.8 mm con lluvias de menor intensidad que alcanzó un máximo de 20.8 mm/día de los 19 días que llovió. La temperatura promedio fue de 23.4 °C, la temperatura máxima de 31 °C y la mínima de 18.8 °C. La temporada de inicio de la segunda época de lluvia, fue desde el 17 de octubre hasta 1 de noviembre del 2017. En esta temporada llovió en menor cantidad y en menor intensidad, ya que acumuló 70.8 mm en 15 días, y la lluvia máxima fue de 17.4 mm en un día. De igual manera la temperatura también disminuyó, la temperatura máxima fue de 30.1 °C con un mínimo de 14.4 °C, y la media fue de 22.4 °C (Cuadro 4).

Cuadro 4. Factores climáticos en las tres temporadas de siembra 28 de julio hasta el 1 de noviembre del 2017, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres en el año, Zamorano, Honduras

Temporada	Fechas (2017)	Precipitación (mm)			Temperatura (°C)		
		Acm	Max	DL	Min	Max	μ
Final de las primeras lluvias	28/7 – 25/8	125	45.4	19	18.2	30.9	23.3
Canícula	22/8 – 3/10	102.8	20.8	19	18.8	31.8	23.4
Inicio de las segundas lluvias	17/10 – 1/11	70.8	17.4	15	14.4	30.1	22.4

Acm = acumulada, Max = Maxima, DL = días de lluvia, Min = Minima, μ = Media,

Evaluación de las variables agronómicas.

Diámetro de la roseta de lechuga.

La época de siembra (temporada) influye significativamente ($P \leq 0.05$) en el diámetro de la roseta de la lechuga a los 7, 14 y 21 días después de transplante (DDT). El diámetro es afectado por la variedad a los 14 DDT ($P \leq 0.05$). La interacción entre las cinco dosis de nitrógeno y las variedades de lechuga son significativas ($P \leq 0.05$) solamente 7 DDT, y la temporada y la variedad influyeron en el diámetro significativamente ($P \leq 0.05$) 7 y 14 DDT. No hubo interacción entre los tres factores, temporadas, variedades, y las cinco dosis de nitrógeno (Cuadro 5).

Cuadro 5. Significancia del diámetro de la roseta de la lechuga en los días 7, 14 y 21 después de transplante (DDT) en el ensayo del efecto de cinco dosis de nitrógeno en dos variedades de lechuga en tres temporadas de siembra en campo, Zamorano, Honduras.

Factor	Diámetro (cm)		
	7 DDT	14 DDT	21 DDT
Temporada	0.0453*	<.0001***	<.0001***
Variedad	0.3205ns	0.0003**	0.8189ns
Dosis de nitrógeno	0.4001ns	0.5981ns	0.3084ns
Temporada × Variedad	0.0031**	<.0001***	0.8446ns
Temporada × Dosis de nitrógeno	0.2326ns	0.2059ns	0.7641ns
Variedad × Dosis de nitrógeno	0.0135*	0.9210ns	0.5428ns
Temporada × Variedad × Dosis de nitrógeno	0.6642ns	0.6332ns	0.6951ns

* diferencia significativa ($P < 0.05-0.01$), ** diferencia significativa ($P < 0.01-0.0001$), *** diferencia significativa ($P < 0.0001$), ns= no significativa.

El diámetro mayor secuencial a 7, 14 y 21 DDT ocurrió en la temporada de final de las primeras lluvias. En la canícula solo fue mayor a los 21 DDT (26.7 cm) e igual a la temporada anterior a la misma edad (21 DDT). En la última temporada de inicio de la segunda época de lluvia, el diámetro de la lechuga solo fue mayor a los 7 DDT en comparación con la temporada de canícula e igual que en la temporada de final de las primeras lluvias para la misma edad (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación del diámetro de la roseta de la lechuga en las tres temporadas de siembra para la evaluación de efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Temporada	Diámetro (cm)		
	7 DDT	14 DDT	21 DDT
Final de las primeras lluvias	8.6ab	23.1a	28.4a
Canícula	8.4b	19.4b	26.7a
Inicio de la segunda lluvia	9.3a	9.2c	10.1b
R ²	0.33	0.81	0.85
CV	18.64	19.28	17.38

Letras diferentes expresan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

DDT= Días después de transplante.

La variedad Kristine tuvo un diámetro mayor al de la variedad Tropicana 14 DDT con 18.39 y 16.14 cm respectivamente ($P \leq 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación del diámetro de la roseta de la lechuga en el día 14 después de transplante en cuanto a las variedades utilizadas para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Variedades de lechuga	Diámetro (cm)
Kristine	18.3 a
Tropicana	16.1 b
R ²	0.81
CV	19.28

Letras diferentes expresan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

En la interacción de las variedades de lechuga, Tropicana y Kristine, con las cinco dosis de nitrógeno se establece que la variedad Tropicana presentó su mejor desarrollo con las dosis de nitrógeno correspondientes a 0, 15, 30 y 60 kg/ha, Kristine presentó un mejor desarrollo con las dosis de nitrógeno de 15, 30 y 45 kg/ha. La variedad Tropicana con la dosis de nitrógeno de 45 kg/ha presentó un desarrollo menor, al igual que la variedad Kristine con una dosis de nitrógeno de 0 kg/ha ($P \leq 0.05$) (Cuadro 8).

Thomas *et al*, (1994), determinaron que la lechuga llega a su máxima producción con dosis entre 120 kg/ha – 300 kg/ha de nitrógeno, esto dependiendo de las condiciones climáticas. De igual manera determinaron que la demanda de nitrógeno aumenta en relación del incremento en la materia seca producida por la planta. La dosis máxima total aplicada en este ensayo fue de 160 kg/ha, 60 kg se aplicaron presiembra y 100 kg fueron aplicados vía fertirriego por lo que la dosis no llegó a niveles que pueden generar un cambio en el desarrollo y rendimiento.

Cuadro 8. Efecto del diámetro de la roseta al día siete después de transplante, entre los factores de dosis de nitrógeno y variedades de lechuga utilizadas, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Variedad	Dosis de nitrógeno (kg/ha)	Diámetro (cm)
Tropicana	0	9.8 a
	15	9.2 ab
	30	8.9 abc
	45	8.2 bc
	60	8.7 abc
Kristine	0	7.9 bc
	15	9.1 abc
	30	8.8 abc
	45	9.7 a
	60	7.7 c
R ²		0.33
CV		18.64

Letras diferentes expresan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

En la interacción entre temporadas del año y las variedades de lechuga se presentó una diferencia significativa, en cuanto al diámetro de la roseta de la lechuga al día 7 y 14 DDT. En la temporada de final de la primera época de lluvia predominó y se mantuvo constante durante los 14 días con el mejor desarrollo del diámetro en ambas variedades. Al día 14 DDT en la temporada de inicio de la segunda lluvia ocurrió el menor desarrollo de la roseta en ambas variedades. En la canícula las variedades presentaron un desarrollo desigual; al día 7 DDT tuvo un mayor desarrollo. Al día 14, la variedad Kristine presentó un desarrollo significativamente mayor al de la variedad Tropicana ($P \leq 0.05$) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diámetro de la roseta de la lechuga 7 y 14 DDT, entre los factores de variedades de lechuga utilizadas y las temporadas para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Temporadas	Variedades	Diámetro (cm)	
		7 DDT	14 DDT
Final de las primeras lluvias	Kristine	8.8 ab	23.6 a
	Tropicana	8.3 ab	22.7 a
Canícula	Kristine	7.5 b	22.7 a
	Tropicana	9.3 a	16.1 b
Inicio de la segunda lluvia	Kristine	9.5 a	8.8 c
	Tropicana	9.1 a	9.6 c
R ²		0.33	0.81
CV		18.64	19.28

Letras diferentes expresan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).
DDT= Días después de transplante.

Evaluación de las variables agronómicas

Rendimiento t/ha de la lechuga. La única fuente de variación en cuanto a rendimiento de la lechuga fue entre temporadas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Significancia del rendimiento de la lechuga para el ensayo de efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Factores	Rendimiento t/ha
Temporada	<.0001***
Variedad	0.8271ns
Dosis de nitrógeno	0.4577ns
Temporada × Variedad	0.2891ns
Temporada × Dosis de nitrógeno	0.6757ns
Temporada × Variedad × Dosis de nitrógeno	0.9109ns

* diferencia significativa ($P < 0.05-0.01$), ** diferencia significativa ($P < 0.01-0.0001$), *** diferencia significativa ($P < 0.0001$), ns= no significativa.

En la temporada de inicio de la segunda época de lluvia, se presentó el mejor rendimiento por hectárea (53.13 t/ha) en ambas variedades, este fue significativamente diferente ($P \leq 0.05$) que la producción en la temporada de final de la primera época de lluvia y la canícula (Cuadro 11)

Cuadro 11. Comparación del rendimiento en las tres temporadas con la precipitación total y su temperatura promedio respectivamente, para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Temporada	Rendimiento (t/ha)
Temporada final de primeras lluvias	16.53b
Temporada de canícula	12.25b
Temporada de inicio de la segunda lluvia	53.13a
R ²	0.64
CV	56.01

Letras diferentes expresan diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

La temperatura tuvo un efecto inverso significativo en el rendimiento de la lechuga. El cual pudo ser reflejado en el rendimiento de la temporada de inicio de la segunda lluvia, ya que, en la misma, la temperatura mínima fue 4 °C menor a las dos temporadas anteriores y la temperatura máxima 1 °C menor; por otro lado, la lluvia no tuvo un efecto significativo en el rendimiento, ya el cultivo tuvo riego para suplir sus necesidades hídricas durante todo el ciclo del cultivo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Correlación entre el rendimiento y los factores climáticos de precipitación y temperatura para la evaluación del efecto de cinco dosis de nitrógeno con dos variedades de lechuga en tres temporadas en campo, Zamorano, Honduras.

Factores	Pearson	P<F
Rendimiento × Lluvia acumulada por temporada (mm)	-0.87	0.3278ns
Rendimiento × Temperatura promedio de la temporada (°C)	-1.00	0.0029**

* diferencia significativa ($P < 0.05-0.01$), ** diferencia significativa ($P < 0.01-0.0001$), *** diferencia significativa ($P < 0.0001$), ns= no significativa.

Van Der Boon (1989) y colaboradores determinaron que la temperatura juega un papel importante en la absorción del nitrógeno, el cual afecta directamente a la producción de biomasa, ya que se presenta con un mayor tamaño y diámetro en el cultivo de la lechuga. Esto se ve reflejado en la temporada de inicio de la segunda época lluvia cuando presentó un rendimiento mayor debido a las condiciones climáticas favorables.

Willumsen (1999) manipuló la absorción de nitrógeno cambiando la cantidad de nitrógeno disponible y la intensidad lumínica en el ciclo del cultivo de la lechuga y determinó, que la absorción de nitrógeno está influenciada por la intensidad lumínica a la cual es expuesta la planta. Marcellis (2000) realizó un experimento con los mismos principios que Willumsen y determinó que se puede manipular la absorción de nitrógeno con la intensidad lumínica y la cantidad de fertilizante aplicado, independientemente de cada factor. Esto explica la razón, de mayor producción en la temporada de inicio de la segunda época de lluvias, ya que coincide con menores lluvias y por ende más radiación solar.

4. CONCLUSIONES

- Las dosis evaluadas menores a 160 kg/ha de nitrógeno no generaron diferencia significativa.
- No hay diferencias en el rendimiento entre las variedades Tropicana y Kristine.
- La mejor época de siembra de lechuga es la temporada de inicio de las segundas lluvias entre octubre y noviembre, cuando la temperatura es menor, debido a una relación inversa que existe entre temperatura y rendimiento, para las condiciones de la región de Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Replicar el experimento controlando factores ambientales como la temperatura, intensidad lumínica y riego.
- Aumentar las dosis de nitrógeno aplicadas para evaluar el efecto del mismo en el cultivo.
- Aumentar el área de siembra en las temporadas de baja producción para compensar rendimiento.

6. LITERATURA CITADA

- Andreu J, Beteran J, Delgado I, Espada J, Gil M, Gutierrez M, Iguacel F, Isla R, Muñoz F 2006. Fertilización Nitrogenada. Aragon, España: Talleres Editoriales Cometa, S.A p. 70-80
- Andriolo L, Godoi R, Cogo C, Bortolotto O, Luz G, Madaloz J, 2006. Growth and development of lettuce plants at high $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios in the nutrient solution. Thesis, Brasilia: UFSM-CCR-Depto. Fitotecnia, 97105-900 Santa Maria-RS
- Bertsch F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Artículo, San Jose: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo p. 40-52
- Bhupinder P, Annette L, Cowie K, Chan Y, 2011. Soil health and climate change. Estados Unidos: Springer p. 20-37
- Ciceana M, 2005 Ciclo del nitrógeno. Ciudad de México: Centro de Información y Comunicación Ambiental p. 13-23
- Farag A, Abdrabbo M, Abd-Elmoniem 2013. Using different nitrogen and compost levels on lettuce grown in coconut fiber. Journal of Horticulture and Forestry, Giza, Egypt: Academic Journals p. 4-12
- Lardizabal R, Medlicott A, 2010. Compendio de manuales de producción de frutas y hortalizas. La Lima, Cortés, Honduras: MCA- Honduras / EDA p. 71-98
- Marcelis P, 2000. Regulation of Growth at Steady-state Nitrogen Nutrition in Lettuce (*Lactuca sativa* L.): Interactive Effects of Nitrogen and Irradiance. Annals of Botany, Vol. 86. p. 1073–1080
- Miñambres J, Halsouet Y, 2011. Situación actual de lechuga en Honduras. Producción y consumo. Mailxmail. 1 de febrero. Ultimo acceso: 21 de 9 de 2018. <http://mailxmail.com/curso-comportamiento-agronomico-lechuga-intibuca/situacion-actual-lechuga-honduras-produccion-consumo>.
- Morgan C. 2005. Soil Erosion & Conservation. Malden, Estados Unidos: Cranfield University Blackwell p. 7,11,21

- Pinheiro M, 2000. Regulation of growth at steady-state Nitrogen Nutrition in lettuce: Interactive effect of nitrogen and Irradiance. Vol 23 p. 1073-1080
- Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kruz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffouri R, Blair R 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. PubMed.gov 2de Febrero. Ultimo acceso 21 de septiembre de 2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed717789193>
- Sancho H, 2008. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. San Jose Costa Rica: Fertica p. 11-13
- Thomas R, Sinclair R, Muchow C. Radiation 1999. Use Efficiency. Advances in Agronomy Volume 65, p 215-265
- Theodoracopoulos R, Lardizabal R, Arias S 2008 Producción de lechuga. La Lima Cortes, Honduras: USAID-RED p. 70-90
- Van Der Boon J, Steenhuizen J., Steingrover E. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH₄/NO₃ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. Journal of horticultural science Vol.65 p. 309-321
- Willumsen J 1998. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yields and nitrate content of soil-grown lettuce. Taylor & Francis p. 73