UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

"DESARROLLO, PRODUCCIÓN Y LA COMPOSICIÓN DE CAPSAICINA DE AJÍ CHARAPITA (*Capsicum frutescens* L.) CULTIVADOS EN SOLUCIÓN NUTRITIVA CON DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN PUCALLPA"

HARRY ENRIQUE PINEDO SÁNCHEZ

FERNANDO PÉREZ LEAL

PUCALLPA – PERÚ

2019

“Desarrollo, producción y la composición de capsaicina de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno en Pucallpa”

“Development, production and capsaicin composition of Charapita chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) grown in nutrient solution with different nitrogen levels in Pucallpa”

Autores: Harry Enrique Pinedo Sánchez[1], Fernando Pérez Leal[2]

Lugar de ejecución: Universidad Nacional de Ucayali Km 6.200, Carretera Federico Basadre, Pucallpa – Perú; Cel. 942170319[1] harry.pinedo@hotmail.com; fernandoperez57@yahoo.com Cel. 961942739[2].

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km. 6 de la Carretera Federico Basadre, región Ucayali, provincia de Coronel Portillo, distrito de Callería, ciudad de Pucallpa a 8º 23’ 37” de Latitud Sur, 74º 34’ 4” Longitud Oeste, a una altitud de 154msnm. El principal objetivo fue evaluar el desarrollo, producción y la composición de capsaicina del ají charapita (*Capsicum frutescens* L.*)* cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno en Pucallpa. Los tratamientos establecidos para el presente experimento fueron: T^1 Completo (Solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon como testigo absoluto), T^2 completo + 25% N, T^3 Completo + 50% N y T^4 Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa (testigo parcial).

---

[1] Bachiller en Ciencias Agropecuarias – UNU
[2] Ingeniero Agrónomo, Dr. Ciencias, Orientación en Fisiología vegetal, Docente Principal – UNU.

El tratamiento que más afectó el crecimiento y desarrollo vegetativo fue el T^3 quien presentó menores promedios en: longitud de raíz, volumen de raíces, tamaño de hojas, área foliar, número de frutos y número de semillas por fruto. Además, sus síntomas de sobredosis fueron: color verde intenso en el tallo y hojas, tanto en jóvenes como adultas, con raíces marrón claro comenzando del ápice hasta extenderse a toda la raíz.

Asimismo, de acuerdo con el análisis de cromatografía HPLC para determinar el contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita, el resultado muestra que a medida que se incrementa el nitrógeno en la solución nutritiva disminuye el contenido de capsaicina, pero aumenta el contenido de dihidrocapsaicina. Además, cualquier restricción de nutrientes después de 45 días de establecido el cultivo de ají charapita en solución nutritiva genera incrementos de estos alcaloides.

Palabras clave: Solución nutritiva, niveles de nitrógeno, crecimiento, desarrollo, Capsaicina.

INTRODUCCIÓN.

Capsicum frutescens L. es un arbusto que pertenece a la familia de las solanáceas, una de las 5 especies sembradas del género Capsicum, que concede diversas variedades cultivadas más picantes de ají. La Amazonía Peruana cuenta con una variedad de *Capsicum frutescens* L. *y* se le conoce como ají charapita, es muy querido y exquisito en la gastronomía (Selvanet 2010).

En la gastronomía amazónica, es muy popular debido a su buen sabor y

aroma. Se comercializa en el mercado local y nacional como fruto fresco, se utiliza entero, picado, congelado, enlatado, en la elaboración de deshidratados, encurtidos, macerados con limón, ensaladas, ceviches (Villachica 1996).

En el presente trabajo se ha puesto énfasis en el estudio de los distintos factores que afectan el normal crecimiento y desarrollo de este cultivo, y la producción capsaicina y dihidrocapsaicina en donde los elementos esenciales macronutrientes cumplen un papel importante en la estructura y metabolismo vegetal. Está orientado a conseguir información respecto al ají charapita, y el efecto que causa el exceso de nitrógeno en este cultivo teniendo los siguientes objetivos:

Evaluar el crecimiento del ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

Evaluar el desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

Evaluar el contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina en los frutos del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

Determinar los síntomas visuales que causan los diferentes niveles de nitrógeno en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno, bajo condiciones de Pucallpa.

MATERIALES Y MÉTODO.

UBICACIÓN.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el módulo de hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km. 6 de la Carretera Federico Basadre, región Ucayali.

DURACIÓN DEL ESTUDIO.

El presente trabajo tuvo una duración de 5 meses, iniciándose con la fase de almacigo el 22 de mayo de 2018 y culminó el 15 de septiembre de 2018.

MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.

Los materiales, insumos y equipos usados en el desarrollo de esta tesis fueron los siguientes:

Materiales.

Baldes de plástico de 4 litros, Tapa perforada de 1 pulgada de diámetro, Pipetas (7), para cada solución respectivamente, Balde de plástico de 100 litros para preparar la solución nutritiva completa, baldes de plástico de 20 litros (un balde por cada tratamiento), jarras de 02 litros, plumones, Cuaderno de campo, lápiz, etiquetas, gigantografía, esponja, regla.

Insumos.

Sales minerales, Agua destilada, soluciones Stock.

Equipos.

Balanza de precisión, balanza analítica, vernier, cámara fotográfica, estufa.

METODOLOGÍA.

La metodología usada en el desarrollo de esta tesis se menciona a continuación:

Selección de la planta madre.

La planta madre seleccionada tuvo una altura de 1 m, con un diámetro de copa de 90 cm.

Selección de los frutos.

Una vez obtenida los frutos cosechados de la planta madre se realizó la selección se consideró los siguientes criterios: Madurez total (color naranja), forma y tamaño uniforme (redondos), frutos de tamaño grande, se descartó los frutos que presentaron menor tamaño, deformes o algún tipo de daño.

Fase de almacigo.

Se realizó en cama germinadora, conteniendo arena de río. Luego se sometió a un proceso de desinfección empleando una solución de Hipoclorito de Sodio al 2% a razón de 400 ml/m^2 para después lavada con agua a temperatura ambiente para eliminar los restos del desinfectante, dejándolo 24 horas. Una vez desinfectado el sustrato, se niveló con ayuda de una tabla, dejando así la cama germinadora lista para la siembra.

Siembra de las semillas.

La prueba de germinación nos dio como resultado hasta el 95%. La germinación se contó hasta el décimo día después de la siembra. 1g de semilla tiene aproximadamente 454 semillas de ají charapita. Las semillas de ají charapita fueron remojadas un día antes de la siembra, después se realizó la desinfección con Tiofanate metil + tiram (Homai W.P) a una dosis de 3g en 250ml de agua, dejando remojar las semillas por 20 minutos, la cantidad de semilla que se empleó fue de 1g teniendo como densidad de siembra 1g de semilla/m^2.

Días a la germinación.

Se observó que al quinto día empezaron a germinar (40%) obteniendo al octavo día el 75% y hasta los 10 días después de la siembra el 95% de germinación.

Recipientes para el cultivo.

Se utilizaron baldes de plástico de 04 litros, con la tapa perforada en la parte central de 1 pulgada de diámetro. Los cuales fueron pintados con pintura esmalte de color plomo como base, para luego después de secarse ser pintados de color blanco, con la finalidad de que los rayos del sol no lleguen a la solución nutritiva y prevenir el crecimiento de algas dentro de estás, asimismo, repeler los rayos solares. Posteriormente fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2%, seguidamente se enjuagaron 2 a 3 veces con agua destilada. Luego procedimos a etiquetar a cada balde con su respectiva clave. según tratamiento, para posteriormente ser ubicados bajo un techo con

malla verde (Raschel) de 50% de sombra.

Preparación de la solución nutritiva.

Se usaron reactivos de laboratorio de macro y micronutrientes. Se prepararon las soluciones nutritivas de Hoagland y Arnon (1950), empleando agua destilada estéril. Para obtener la solución stock completa y con excedente de nitrógeno se prepararon de acuerdo con las siguientes tablas.

Cuadro 1. Contenido de macronutrientes en ppm en 5 ml/l de cada solución madre para la simbología A, B, C, D, y 7.5 ml/l para la simbología G.

Tratamiento	Simbología								
	A		B		C		D		G
	Ca	N	K	N	Mg	S	K	P	N
T1 Completo (testigo absoluto)	200	140	195	70	48	64	39	31.9	----
T2 completo + 25% N	200	140	195	70	48	64	39	31.9	52.5
T3 Completo + 50% N	200	140	195	70	48	64	39	31.9	105
T4 Agua Destilada a partir de los 45 días deestablecido en solución nutritiva completa (testigo parcial).	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Fuente: Elaboración propia.

*La simbología A representa a la sustancia nitrato de calcio, B= nitrato de potasio C= Sulfato de magnesio, D= fosfato monopotásico y G= Nitrato de amonio y este último nos permitió incrementar el contenido del nitrógeno al 25% y 50%.

Cambios de solución nutritiva.

Esta labor se realizó cada 15 días desde el primer día del trasplante; haciendo un total de 6 cambios de solución nutritiva durante todo el desarrollo del experimento. Consistió en desechar y colocar nueva solución nutritiva en los baldes con la finalidad de mantener en condiciones adecuadas el contenido de nutrientes, ya que a medida que la planta crece su requerimiento nutricional aumenta, además, de esta manera se renueva el pH y C.E., ya que un pH ácido puede afectar el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

VARIABLES EVALUADAS.

Crecimiento.

Altura de planta, Longitud de raíz, Volumen de raíz, Número de hojas, Tamaño de hojas, Área foliar, Diámetro del tallo, Diámetro de copa, Número de ramas primarias.

Desarrollo.

Número de frutos, Promedio de semillas/fruto, Peso promedio de frutos, Peso fresco de la planta, Peso seco de la planta, contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina.

Sintomatológica.

Síntomas que ocasionan de los diferentes niveles de nitrógeno.

DISEÑO ESTADÍSTICO.

Se utilizó el diseño completamente al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo un total de 16 unidades experimentales. Para los promedios se utilizaron la prueba de Tukey al 0.05% de significancia para cada variable en estudio. Se utilizó un balde de cuatro litros de capacidad con 01 plantas de ají charapita como unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

a. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EFECTO DE LOS DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO SOBRE LAS VARIABLES CRECIMIENTO Y DESARROLLO.

Realizado la comparación de medias y el análisis de varianza de las variables crecimiento y desarrollo, los resultados de estas variables según los tratamientos estudiados durante los 90 días de permanencia del cultivo en sustancias nutritivas se presentan en los siguientes cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Prueba de promedios de Tukey para las variables crecimiento en estudio.

TRATAMIENTOS	VARIABLES DE CRECIMIENTO EN ESTUDIO								
	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíces (cm)	Volumen de raíces (cm^3)	Altura de planta (cm)	Diámetro de copa (cm)	Número de hojas (unidades)	Tamaño de hoja (cm)	Área foliar (cm^2)	Número de ramas primarias (unidades)
T1: Solución completa	13.10 a	27.30 b	80.75 a	59.50 c	40.25 c	617.75 a	8.21 a	3346.36 a	6.50 a
T2: Solución completa + 25% de nitrógeno	12.47 b	27.15 c	74.50 b	73.00 b	44.00 b	603.00 c	8.02 b	3012.22 b	5.00 b
T3: Solución completa + 50% de nitrógeno	12.07 b	22.25 d	52.75 c	80.25 a	49.50 a	611.25 b	7.17 c	2851.60 c	5.00 b
T4: Agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa	11.25 c	35.25 a	37.33 d	53.15 d	38.00 d	168.87. d	4.67 d	815.18 d	4.75 b

*Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas. (Tukey P≤ 0.05).

Diámetro del tallo.

Al efectuar la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey ($P<0.05$), para la variable diámetro del tallo se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un promedio mayor con 13.10mm, el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno presentó un promedio de 12.47mm, T^3

solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un promedio de 12.07, y finalmente el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva obtuvo el menor promedio de 11.25mm.

Longitud de raíces.

Para la variable longitud de raíces, se encontró que el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, obtuvo el mayor promedio con 35.25 cm, T^1 solución nutritiva completa presentó un promedio de 27.30 cm, el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno presentó un promedio de 27.15 cm, y finalmente el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un menor promedio con 22.25 cm de longitud.

Volumen de raíces.

Para la variable volumen de raíces, se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un promedio mayor con 80.75 cm^3, el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno presentó un promedio de 74.50 cm^3, T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un promedio de 52.75 cm^3, y finalmente el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva obtuvo el menor promedio con 37.33 cm^3 de volumen.

Altura de planta.

En cuanto a la altura de planta, se encontró que el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un mayor promedio con 80.25 cm de longitud, seguido del T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno el cual presentó un promedio de 73 cm, este último seguido del T^1 solución nutritiva completa que presentó un promedio de 59.50 cm, mientras que el T^4 agua

destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva obtuvo el menor promedio con 53.15 cm de altura.

Diámetro de copa.

Para la variable diámetro de copa, se encontró que el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó mayor promedio del diámetro de copa con 49.50 cm, seguido del el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 44 cm, este último seguido del T^1 solución nutritiva completa que presentó un promedio de 40.25 cm, y finalmente el que obtuvo el menor promedio fue el T^4 con 38 cm de diámetro de copa.

Número de hojas.

Para la variable número de hojas por planta, se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 617.75 hojas por planta, seguido por el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno quien presentó 611.25 hojas, el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 603 hojas, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, obtuvo un promedio de 168 hojas por planta, este último presentó defoliación.

Cuadro 3. Prueba de promedios de Tukey para las variables desarrollo en estudio.

TRATAMIENTOS	VARIABLES DEL DESARROLLO EN ESTUDIO				
	Número de frutos (unidades)	Peso promedio del fruto (g)	Número de semillas por fruto (unidades)	Peso fresco de la planta (g)	Peso seco de la planta (g)
T1: Solución completa	259.00 a	0.63 a	29.5 ab	176.12 c	32.65 c
T2: Solución completa + 25% de nitrógeno	243.75 b	0.60 b	29.97 a	191.40 b	45.34 b
T3: Solución Completa + 50% de nitrógeno	222.87 c	0.60 b	29.25 b	213.21 a	51.04 a
T4: Agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva completa	21.87 d	0.59 c	24.50 c	100.41 d	22.40 d

*Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas. (Tukey P≤ 0,05).

Tamaño de la hoja.

Para la variable tamaño de las hojas, se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 8.21 cm, seguido por el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 8.02 cm y el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno que presentó 7.17 cm, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, obtuvo un promedio de 4.67 cm de longitud.

Área foliar.

Se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 3346.36 cm^2 de área foliar por planta, seguido por el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó 3012.22 cm^2 de área foliar por planta, el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un promedio de 2851 cm^2 de área foliar por planta y el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido

en solución nutritiva, obtuvo un promedio de 815.18 cm^2 de área foliar por planta.

Número de ramas primarias.

Se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 6.5 ramas por planta, seguido por el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno y el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno quienes presentaron un promedio de 5 ramas por planta, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva con un promedio 4.75 ramas por planta.

Número de frutos.

El T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 259 frutos por planta, seguido por el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 243.75 frutos por planta, el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un promedio de 222.87 frutos por planta y el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva que obtuvo 21.87 frutos por planta.

Peso promedio del fruto.

Para la variable peso promedio del fruto por planta, se encontró que el T^1 solución nutritiva completa presentó un mayor promedio con 0.63 gramos de fruto por planta, seguido por el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 0.60 gramos de fruto por planta, el T^3

solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un promedio de 0.60 gramos de fruto por planta, el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, obtuvo un menor promedio con 0.59 gramos de fruto por planta.

Número de semillas por fruto.

En cuanto al número de semillas por frutos, se encontró que el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno presentó un mayor promedio con 29.97 semillas por fruto de ají, seguido del T^1 solución nutritiva completa que presentó un promedio de 29.5 semillas por fruto de ají, el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno tuvo menor promedio con 29.97 semillas por frutos, y el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, obtuvo un menor promedio que el resto de los tratamientos con 24.5 semillas por fruto de ají charapita.

Peso fresco de planta.

El T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó el mayor promedio de peso fresco de planta con 213.21 gramos, seguido del T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno que presentó un promedio de 191.40 gramos de peso fresco por planta, el T^1 solución nutritiva completa presentó un promedio de 176.12 gramos de peso fresco por planta siendo menor que el T^3 y T^2, finalmente el tratamiento que presentó menor peso fresco fue el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva, el cual obtuvo un promedio de 100.41 gramos por planta.

Peso seco de planta.

Para la variable peso seco de planta, se encontró que el T^3 solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno presentó un mayor contenido de peso seco con

51.04 gramos de peso seco por planta, el T^2 solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno presentó un promedio de 45.34 gramos de materia seca por planta, el T^1 solución nutritiva completa presentó un promedio de 32.65 gramos de materia seca, el T^4 agua destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva obtuvo un menor promedio con 22.40 gramos de materia seca por planta.

b. SÍNTOMAS QUE OCASIONAN LOS DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO EN AJI CHARAPITA (*Capsicum frutescens* L.), BAJO CONDICIONES DE PUCALLPA.

En cuanto a los síntomas que ocasionan los diferentes niveles de nitrógeno en ají charapita, se obtuvieron los siguientes resultados.

T^1 Solución nutritiva completa.

La solución nutritiva completa se le consideró como testigo, para comparar las diferencias entre los tratamientos. El promedio de las horas luz fue de 5.02 horas, durante los 90 días de establecidas las plantas de ají charapita en solución nutritiva para todos los tratamientos. No se observaron síntomas de deficiencia en cuanto a color, forma, tamaño y localización, el aspecto general de las plantas tenía una apariencia y tamaño normal con relación a los demás tratamientos, estas presentaban hojas enteras de color verde oscuro, el inicio de la floración a los 44 días (después/trasplante), el inicio de fructificación a los

48 días (d/t.), en un 100 % de las plantas en estudio con relación a los demás tratamientos.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Bonilla (2008), quien dijo que los macronutrientes son elementos constituyentes de las biomoléculas estructurales (N, P, S), tales como proteínas, lípidos o carbohidratos, o pueden actuar como osmolitos (K), sus concentraciones en los tejidos de las plantas pueden variar considerablemente dependiendo de la especie, la edad de la planta y el nivel de otros elementos.



Figura 1. A) Aspecto de la raíz, B) planta completa; del tratamiento con solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon.

T^2 Solución nutritiva completa + 25% de Nitrógeno.

El T^2 presentó un color verde intenso en hojas, tallos y brotes, las hojas se presentaron ligeramente inclinado hacia abajo, la lámina foliar era más grande que el T^3 y el T^4, este tratamiento incluso presento mayor altura que el testigo T^1, pero inferior al T^3, las raíces se presentaron moderadamente pobladas y

largas de color marrón claro a crema, medianamente abúndate y casi del mismo tamaño que el testigo T^1, sobre esto Wild (1992), menciona que el nitrógeno forma parte de un gran número de compuestos orgánicos, incluidas hormonas de crecimiento; participa en la estructura de todas las proteínas, de los ácidos nucleicos, y además se encuentra como constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citrocromos y en varias coenzimas.



Figura 2. A) planta completa, B) llenado de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento con solución nutritiva completa + 25% de nitrógeno.

A los elementos minerales (Barceló 2001), los clasificó en cuatro grupos: ubicando en el Grupo I al N, S, P por ser componentes biológicos de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, e intermediarios metabólicos, y en el Grupo II al K, Ca, y Mg que son activadores enzimáticos o elementos requeridos para la activación de enzimas específicos.

T^3 Solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno.

Al principio el exceso en las hojas presentaron un color verde intenso, tanto jóvenes como adultas, presentando buen follaje, en la última etapa de evaluación presentaron hojas más pequeñas que el testigo (T^1), haciendo una planta con aspecto a una coloración verde intenso (para el T^3), presentado el T^2 menor tonalidad que el T^3, los entrenudos son más largos, presentando mayor altura de planta que el T^1, asimismo presentó el tallo un color verde intenso a diferencia de los demás tratamientos, en cuanto a diámetro del tallo tuvieron menor diámetro que el T^1. Asimismo, hay presencia de flores al término de la última evaluación.



Figura 3. A) planta completa, B) llenado y maduración de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento con solución nutritiva completa + 50% de nitrógeno.

Las raíces detuvieron su crecimiento y presentó una coloración marrón claro comenzando por el ápice hasta extenderse a toda la raíz. Asimismo, el T^2

presentó raíces moderadamente pobladas y largas, el T^3 presentó raíces moderadamente pobladas y más cortas que el T^2 debido a que el exceso de Nitrógeno se manifestó con mayor claridad en el tratamiento T^3.

Por otro lado, se menciona que el contenido relativo de cada elemento no es el mismo en las distintas especies de vegetales, ni en una misma especie en distintas condiciones de cultivo, ni tampoco en los distintos órganos de una misma planta (Salisbury 2000).

T^4 Agua Destilada a partir de los 45 día de establecido en Solución Nutritiva.

Este tratamiento fue considerado un testigo parcial, debido a que primero estuvo 45 días en solución nutritiva y luego 45 días en agua destilada, es decir hasta el final del experimento, lo que le permitió llegar a la etapa de fructificación hasta la maduración del fruto y poder realizar las comparaciones con los demás tratamientos. Los síntomas de deficiencia de este tratamiento aparecieron a las dos semanas de establecido en agua destilada, mostrándose una clorosis generalizada de la planta iniciándose en las hojas bajeras y finalmente afectando a todas las hojas, en las hojas jóvenes empiezan a amarillarse desde la base, mientras que en las adultas desde el ápice hasta la base; así mismo, las hojas se desprenden fácilmente de la planta.

La caída de las hojas viejas comienza a partir de los 15 días de establecido en el tratamiento (60 días después de trasplante), en cuanto a las raíces, presentaron raíces poco abundantes y largas, esto se debe a que las plantas de este tratamiento utilizan más energía en hacer crecer sus raíces para explorar áreas más extensas en busca de nutrientes, finalmente se tornaron

blanquecinas y detuvieron su crecimiento.

Estos resultados concuerdan con la afirmación de (Salisbury 2000), al indicar que la deficiencia de un elemento nutritivo en la planta dará como consecuencia irregularidades en su metabolismo y en el crecimiento de la planta, pudiendo ocasionar pérdida de peso y afectar así mismo a otros parámetros.

Según Barceló (2001), los macronutrientes también llamados elementos mayores, porque la planta los requiere en mayores proporciones, son el N, P, K, Ca, Mg, y S, y su contenido en los vegetales se expresa en valores porcentuales.



Figura 4. A) planta completa, B) llenado y maduración de fruto, C) Aspecto de la raíz; del tratamiento Agua Destilada a partir de los 45 días de establecido en solución nutritiva de Hoagland y Arnon.

Análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita (*Capsicum frutescens* L.).

Los resultados del análisis de cromatografía HPLC, para determinar el contenido de capsaicina en ají charapita, mostraron el siguiente resultado, el T^4 obtuvo el mayor promedio en cuanto a este nivel con 506.69 μg/g de muestra, seguido por el T^1 quien presentó un promedio de 426. 46 μg/g de muestra, el T^2 presentó un promedio de 389.89 μg/g de muestra, y finamente el T^3 presentó el menor promedio con 370.46 μg/g de muestra de fruto de ají charapita.

Asimismo, Los resultados para determinar el contenido de dihidrocapsaicina en ají charapita, mostraron el siguiente resultado, el T^2 presentó un nivel alto para dihidrocapsaicina con un promedio de 196.89 μg/g de muestra, seguido del T^3 quien presentó 151.21 μg/g de muestra, el T^4 presentó un promedio de 145.14 μg/g de muestra, y finalmente el T^1 presentó el menor promedio con 143.69 μg/g de muestra para dihidrocapsaicina.

Cuadro 4. Resultados de análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en ají charapita (*Capsicum frutescens* L.), por cromatografía HPLC.

Tratamiento	**Muestra por tratamiento**	**Contenido (μg/g de muestra fresca)**	
		Capsaicina	**Dihidrocapsaicina**
T1	Muestra 1	426.46 ± 14.12	143.69 ± 3.58
T2	Muestra 2	389.89 ± 8.42	196.89 ± 4.49
T3	Muestra 3	370.46 ± 9.12	151.21 ± 3.66
T4	Muestra 4	506.69 ± 11.46	145.14 ± 3.67

En cuanto al contenido de Capsaicina, estos resultados nos arrojan dos datos importantes, el primero está relacionado al T^4 que estuvo en solución

nutritiva completa durante 45 días para luego reemplazarlo por agua destilada hasta el final del experimento, las reservas acumuladas en la planta le permitieron llegar hasta la producción. Por lo tanto, ante la ausencia de solución nutritiva la planta utilizará todos los recursos con los que cuente para producir una semilla viable, lo que justificaría que el fruto presente un nivel tan alto de capsaicina; lo segundo está relacionado al exceso de nitrógeno en T^2 y T^3 en plantas de ají charapita, se determinó que el exceso de este elemento disminuye significativamente el nivel de capsaicina en los frutos, es decir que a mayor aplicación de nitrógeno menor contenido de capsaicina, mientras el T^1 se mantiene a un nivel promedio. En cuanto al contenido de dihidrocapsaicina, estos resultados nos indica que existe una alteración en los componentes nutricionales del ají charapita, ya sea por ausencia de nutrientes o exceso de nitrógeno, lo que genera un aumento significativo en el nivel de dihidrocapsaicina en sus frutos.

Rojas (2016), utilizó la misma metodología con la cual realizamos el análisis de capsaicina y dihidrocapsaicina en nuestro estudio y determinó que el nivel de capsaicina para frutos frescos de ají charapita cultivados en campo definitivo es de 239.8 μg/g, siendo este valor inferior al T^1 quien obtuvo un valor de 426.46 μg/g, incluso los tratamientos con exceso de nitrógeno presentaron promedios mayores, estos resultados nos indica que las plantas cultivadas con soluciones nutritivas presentan promedios superiores que aquellas plantas que se cultivan en otras condiciones. Además, determinó que el nivel de dihidrocapsaicina para frutos frescos de ají charapita cultivados en campo definitivo es de 90.9 μg/g, lo cual nos indica que las plantas cultivadas

en soluciones nutritivas obtienen niveles más altos de estos capsaicinoides, con niveles que oscilan entre 143.69 μg/g como se muestra en el resultado del análisis del T^1 hasta 196.89 μg/g como se muestra en el resultado del análisis del T^2.

La homocapsaicina produce poco ardor en la garganta, con una sensación lenta de pungencia a través de ella (Krajewska 2001).

Evidentemente todos los capsaicinoides actúan juntos para producir la pungencia de los chiles, pero la capsaicina es el más fuerte de todos los compuestos. La fórmula molecular de los capsaicinoides menos activos en pungencia (Krajewska 2001).

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

En cuanto a los parámetros evaluados y estudiados se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, observando que las plantas cultivadas en T^1 solución nutritiva completa de Hoagland y Arnon, se mostraron superiores al T^2 seguido del T^3 y T^4.

Con respecto a la altura de la planta se pudo determinar que el T^3 solución nutritiva completa + 50% de Nitrógeno, presentó mayor altura seguido del T^2, T^1 y T^4. Asimismo, se observó que a mayor altura de planta mayor diámetro de copa, esto demuestra que existe una relación directa entre estas dos variables y que el exceso de nitrógeno influye significativamente en el crecimiento de plantas de ají charapita cultivados en soluciones nutritivas.

Las plantas de ají que presentaron menor diámetro de tallo, son aquellas que fueron sembradas con exceso de nitrógeno T^2 y T^3, y en ausencia de solución mineral T^4, lo mismo ocurre con el volumen de raíces, donde se determinó que el T^1 presentó mayor volumen de raíz que los tratamientos con exceso de nitrógeno T^2 y T^3 y en ausencia de solución mineral T^4, esto nos indica que existe una relación inversa entre el diámetro del tallo y volumen de raíces con el exceso de nitrógeno o en ausencia de macro y micronutrientes en ají charapita.

Las raíces de las plantas de ají charapita cultivadas en ausencia de macro y micronutrientes T^4, presentan las raíces más largas, con relación al T^1, T^2 y T^3, esto nos indica que las plantas carentes de nutrientes reducen su crecimiento aéreo, pero aumenta su crecimiento radicular, esto lo hacen con la intensión de tener una mayor área de exploración radicular en busca de los nutrientes.

En cuanto al área foliar, se pudo determinar que el T^1 fue superior al T^2, seguido del T^3 y T^4, esto nos demuestra que los niveles de nitrógeno estudiados generaron toxicidad, lo cual influye significativamente disminuyendo el número y tamaño de las hojas para el cultivo de ají charapita, asimismo, en ausencia de macro y microelementos el área foliar disminuye considerablemente.

El número de ramas primarias de ají charapita disminuye significativamente con el incremento del nitrógeno en la solución nutritiva, donde observamos que el T^1 fue superior al T^2 y T^3, sin embargo, estos dos últimos no presentaron diferencias significativas entre ellos y tampoco con el T^4, debido a que el T^4 estuvo 45 días cultivado en solución nutritiva para luego ser reemplazado por

agua destilada hasta el final del experimento, lo que le permitió en este primer periodo (45 días cultivados en solución nutritiva) que la planta emita sus ramas primarias, esto nos indica que las plantas de ají charapita cultivadas en solución nutritiva forman sus ramas primarias en los primeros dos meses de crecimiento, pero si existe un exceso de nitrógeno, así como la ausencia de macro y microelementos entonces disminuye la emergencia de nuevas ramas primarias.

En cuanto al número de frutos y peso promedio de fruto por planta, se determinó que el T^1 fue superior a los tratamientos T^2, T^3 y T^4, asimismo, se observó que a medida que se incrementa la concentración de nitrógeno dentro de la solución nutritiva se produce una reducción en el número y peso de frutos de ají charapita, como también en las plantas cultivadas en ausencia de macro y micronutrientes.

En cuanto al peso fresco y seco de las plantas de ají charapita, se determinó que el exceso de nitrógeno influye significativamente en el incremento de materia fresca y seca, en plantas sembradas en soluciones nutritivas, siendo el T^3 superior a todos los tratamientos estudiados seguido del T^2, T^1 y T^4.

El tratamiento que más afectó el crecimiento y desarrollo vegetativo fue el T^3 solución nutritiva completa más 50% de nitrógeno, quien presentó menores promedios en: longitud de raíz, volumen de raíces, tamaño de hojas, área foliar, número de frutos y número de semillas por fruto. Además, sus síntomas de sobredosis fueron: color verde intenso en el tallo y hojas, tanto en jóvenes como adultas, con raíces marrón claro comenzando del ápice hasta

extenderse a toda la raíz. Asimismo, de acuerdo con el análisis químico el T3 presentó menor contenido de capsaicina versus T^1, T^2 y T^4, sin embargo, en cuanto al contenido de dihidrocapsaicina fue superior al T^1 y T^4 siendo inferior al T^2. Por lo tanto, se afirma que, a medida que se incrementa el nitrógeno en la solución nutritiva disminuye el contenido de capsaicina, pero aumenta el contenido de dihidrocapsaicina.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y conclusiones obtenidos se recomienda lo siguiente.

Seguir estudiando los efectos del exceso de nitrógeno en el cultivo de ají charapita bajo condiciones de cultivo en campo definitivo, pues una mala fertilización nitrogenada, de este macronutriente puede influir significativamente en el contenido de capsaicina en ají charapita.

Se debe seguir evaluando plantas de ají charapita con solución nutritiva completa por más de cinco meses, puesto que aún no se tienen datos de cuanto pueden incrementar el rendimiento de este cultivo bajo estas condiciones.

Repetir el experimento utilizando otras sales químicamente puras y comerciales, y determinar como se comportan las plantas de ají charapita en relación con la absorción de estos nutrientes, como afecta su crecimiento y su desarrollo.

Seguir evaluando por más tiempo el efecto del nitrógeno en la composición de capsaicina en el cultivo de ají charapita para conocer si el contenido de este

capsaicinoide se mantiene en el tiempo con los mismos valores de la primera cosecha o decrece, asimismo, realizar un análisis por cada unidad experimental para poder determinar a través de una prueba de promedios si existen diferencias significativas entre tratamientos.

Realizar la purificación de la semilla de ají charapita, creando campos semilleros que permitan obtener semilla pura con características deseadas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al apoyo de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarnos sus instalaciones, y al Ing. Fernando Pérez Leal, Dr.

LITERATURA CONSULTADA

Barceló, C. 2001. Fisiología Vegetal. Edic. Pirámide. Madrid. (Grupo Anaya), S. A.). 126 p.

Bonilla, I. (2008). Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. En: Azcón-Bieto, A. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de la fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. 121p.

Krajewska, A. 2001. Sensory properties of naturally occurring capsaicinoids. Pp. 902-905.

Pérez, L. 1998. Manual de prácticas de cultivos hidropónicos, 9 p.

Rojas, R. 2016. Ajíes nativos peruanos. Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial, Universidad Nacional Cayetano Heredia, 1era edición, 120 p.

Salisbury, F. (2000). Fisiología de las plantas. Editorial Paraninfo Thomson Learning, Madrid 215 p.

Selvanet, P. 2010. Selva Net maravilla natural (2010), consultado en https://selvanet20.blogspot.pe/2010/08/aji-charapi*capsic.frutescens*.html, el 12/10/18.

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima – Perú.

Wild, A. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. En: Wild, A. (ed.). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 119 p.