

Evaluación de dosis de zinc en dos formas de aplicación para la biofortificación en dos variedades de trigo (*Triticum aestivum*) variedad Imbabura y San Jacinto

De La Cruz Montalvo, Henry David

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

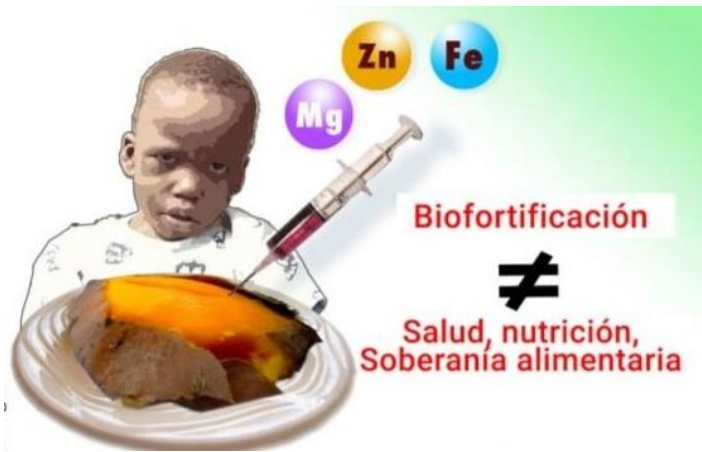
Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal Mgtr.

15 de agosto del 2023



INTRODUCCIÓN

Las deficiencias de micronutrientes representan un enorme problema en la salud humana con alrededor de un tercio en la población mundial (Sánchez *et al.*, 2021).



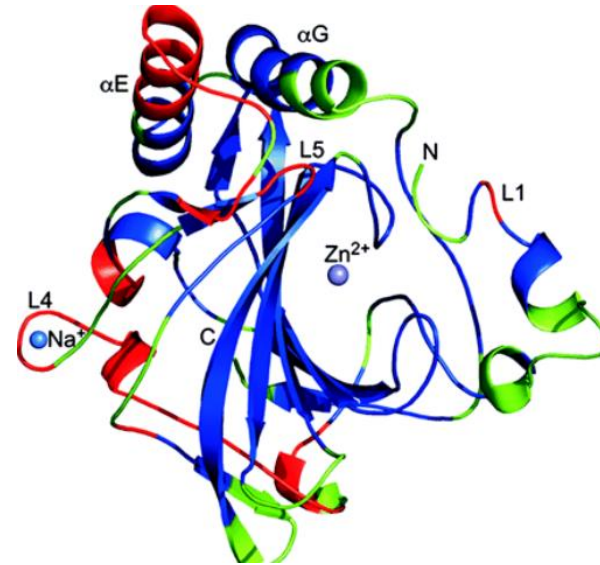
La biofortificación consiste en aumentar el valor nutritivo en diferentes cultivos como el trigo a través de un aumento de la concentración de minerales o vitaminas que son indispensables en la dieta humana (Sánchez *et al.*, 2021).

Estos cultivos biofortificados se desarrollan a través de métodos de fitomejoramiento convencional o de biotecnología moderna (Pachón y Torrez, 2010).



JUSTIFICACIÓN

El zinc se presenta como un elemento que tiene poca movilidad dentro de las plantas, pero cumple numerosas funciones dentro de las mismas, existen alrededor de 2800 enzimas que dependen directamente del zinc, para su síntesis y actuación (Cakmak, 2015).



Sin embargo, dentro de la salud humana el zinc cumple con distintos procesos biológicos y metabólicos, la deficiencia de este micronutriente en los humanos puede traer consecuencias como el enanismo que se caracteriza por un retraso importante en el crecimiento y la maduración sexual. (Rosado, 2010).

Uno de los procesos más importantes del zinc dentro de las plantas es la síntesis de carbohidratos durante las fotosíntesis y la transformación de azúcares en almidón por medio de la enzima anhidrasa carbónica.



OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la variedad, método de aplicación y dosis de zinc para la biofortificación de trigo (*Triticum aestivum*).

Objetivos específicos

Determinar la dosis adecuada de zinc para la biofortificación de trigo.

Identificar con que método de aplicación el zinc es mejor aprovechado por la planta.

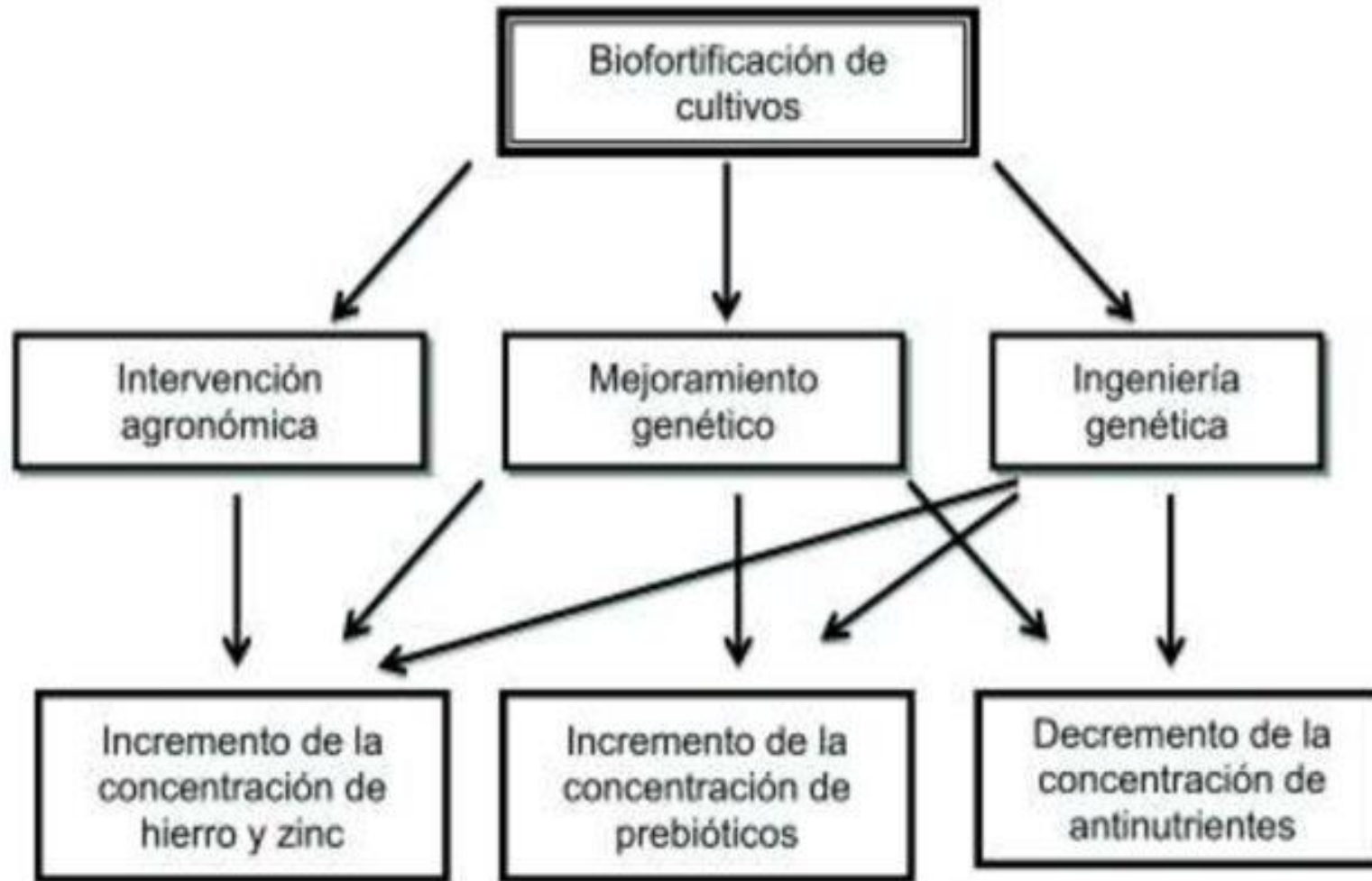
Determinar la variedad con mayor cantidad de Zinc.

HIPÓTESIS

H₀: La biofortificación de Zinc en trigo (*Triticum aestivum*) no presento diferencias entre las variedades, métodos de aplicación y dosis de aplicación.

H₁: La biofortificación de Zinc en trigo (*Triticum aestivum*) presento diferencias entre las variedades, métodos de aplicación y dosis de aplicación.

REVISIÓN DE LA LITERATURA



Este enfoque cuenta con múltiples ventajas, dentro de ellas podemos mencionar que la biofortificación sirve para aprovechar la ingesta diaria de una gran cantidad de alimentos básicos que se encuentran en la dieta familiar y que están al alcance de los hogares de bajos ingresos (Nestel *et al.*, 2006).

Son alimentos (generalmente con alto contenido de fibra) que actúan como nutrientes para la microbiota humana

El fitato secuestra minerales
Los taninos dañan la digestión
El gluten absorción de nutrientes

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Trigo (*Triticum aestivum* L.)

El trigo, cuyo género botánico se denomina *Triticum*, es una planta anual de la familia de las gramíneas (*Poaceae*), ampliamente cultivada en todo el mundo, la palabra trigo proviene del vocablo latino *triticum*, literalmente significa “quebrado”, “triturado” o “trillado” (Patricia *et al.*, 2017).



El trigo (*Triticum aestivum* L.) junto con el arroz, maíz y la cebada son los cereales de mayor importancia en el Ecuador.



El consumo nacional de trigo supera las 450 000 Tm/año, que resultan en un consumo per cápita superior a 30 kg/año (Garofalo, 2011).

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Variedades

INIAP-IMBABURA 2014 Parámetros del cultivo

- Buena adaptación en todas las zonas trigueras que comprenden las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Azuay.
- Altitud de 2000-3000 msnm.
- Precipitaciones de 400 a 500 mm
- Ciclo del cultivo de 160 a 180 días, la planta alcanza una altura de 105 cm
- Resistente a Roya amarilla, Roya de la hoja Fusarium y presenta un rendimiento de 4 (t/ha).



INIAP-SAN JACINTO 2010 Parámetros del cultivo

- Buena adaptación en las zonas de Bolívar, Chimborazo e Imbabura
- Altitud de 2200-3000 msnm.
- Precipitaciones de 400 a 500 mm
- Ciclo del cultivo de 160 a 170 días, la planta alcanza una altura de 88 cm con un tallo tolerante al vuelco.
- Tolerante a la sequía y resistente a Roya amarilla, Roya de la hoja, Fusarium y con un rendimiento de 4 (t/ha)



METODOLOGÍA

Ubicación geográfica del Invernadero de Horticultura en la “ Hacienda El Prado”



Nota. Ubicación del invernadero de Horticultura, en la parroquia de Sangolquí, barrio San Fernando, a una altitud de 2748 msnm, una latitud de 0°23'20"S, una longitud 78°24'44"E

METODOLOGÍA

FASE DE CAMPO



Preparación de los semilleros



Trasplante de las plántulas



Aplicación de los tratamientos



Rotulación de los tratamientos



Distribución de las unidades experimentales



Medición de variables agronómicas

METODOLOGÍA

Análisis del sustrato para la determinación de macro y micronutrientes.

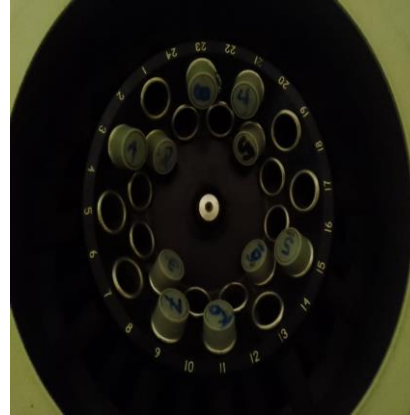
N° muestra	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	*PH	*CE μS/cm
22-2321	0,38	0,06	0,05	0,47	0,19	0,06	0,1	30,1	23	10692	436	6.0	603

Nota. Resultados de análisis del sustrato en la Subestación INIAP Santa Catalina, el PH (H₂O 1:33) y la conductividad eléctrica (1:33) fueron medidos en el laboratorio de suelos del IASA I.

Concentración de clorofila



Concentración de clorofila



Longitud de la raíz



% Materia Seca



- 80 DDT
- Etanol al 95 %

- 645nm (Ch-a)
- 663 nm (Ch-b)

Contenido de Zinc

- Molieron todas las plantas de cada tratamiento



- Filtraron



Absorción Atómica



DISEÑO EXPERIMENTAL

Para las variables altura, largo de raíz, porcentaje de materia seca, clorofila a, clorofila b y el contenido de zinc en las plantas de trigo (*Triticum aestivum*), se aplicó mediante estadística descriptiva (promedio \pm desviación estándar).

Para comparar estas variables entre la variedad, método de aplicación y dosis, se aplicó un diseño tri factorial 2x2x3 con tres repeticiones

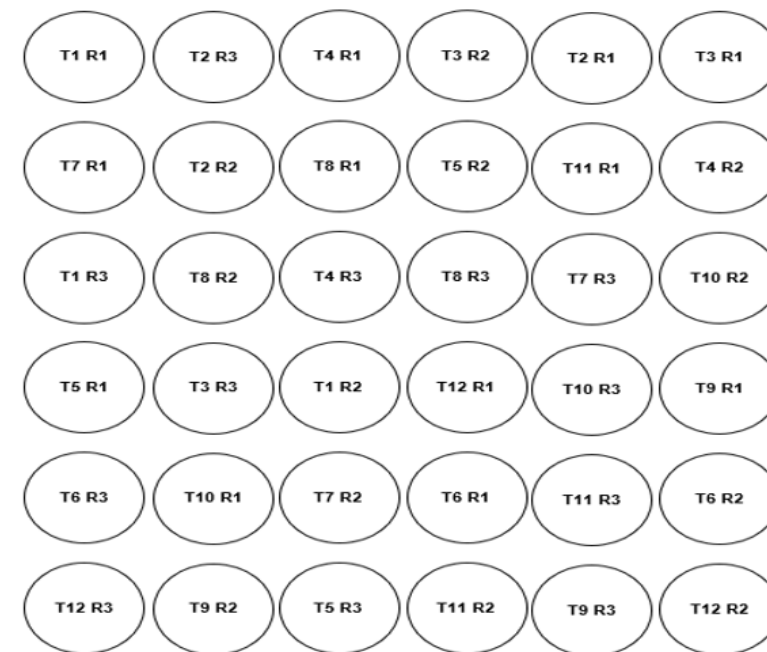
También se realizaron pruebas de comparación de medias con LSD de Fisher a un $\alpha = 0.05$

Tratamientos, forma de aplicación, dosis y variedades

TRATAMIENTOS	FORMA DE APLICACIÓN	DOSIS	VARIEDAD
T1 (TESTIGO)	SUSTRATO	30 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T2	SUSTRATO	50 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T3	SUSTRATO	70 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T4 (TESTIGO)	SUSTRATO	30 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010
T5	SUSTRATO	50 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010
T6	SUSTRATO	70 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010
T7 (TESTIGO)	FOLIAR	0 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T8	FOLIAR	4 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T9	FOLIAR	8 mg.L ⁻¹	INIAP-IMBABURA 2014
T10 (TESTIGO)	FOLIAR	0 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010
T11	FOLIAR	4 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010
T12	FOLIAR	8 mg.L ⁻¹	INIAP-SAN JACINTO 2010

Nota. Autoría propia.

Croquis Experimental



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Media ± desviación estándar del largo de raíz bajo el efecto de la variedad y la forma de aplicación

Variable	Variedad		Forma de Aplicación	
	San Jacinto	Imbabura	Foliar	Sustrato
Largo de Raíz (cm)	24,48 ±4,23 a	22,91 ±4,34 b	24,43 ±4,11 a	22,96 ±4,47 b

Nota. Las medias con letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas a un $\alpha = 0.05$.

LARGO DE RAIZ

Se encontró un efecto significativo para la variable largo de raíz, sobre los factores variedad ($F_{2;24} = 6,38$; $p = 0,0124$) y forma de aplicación ($F_{2;24} = 5,68$; $p = 0,0183$).

(Gómez y Coronado, 2015)

Presentan mayor desarrollo del sistema radicular ante la presencia de Zinc en el suelo



ALTURA DE LA PLANTA

No presentaron diferencias significativas para altura de planta bajo el efecto de la triple interacción de la variedad, forma de aplicación y dosis ($F_{2;24} = 0,11$; $p = 0,9005$).

(Franco et al., 2015)

Genera mayor peso en el grano con la aplicación foliar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Media \pm desviación estándar de la clorofila a y clorofila b bajo el efecto de la interacción triple de la variedad, método de aplicación y dosis

Tratamiento	Dosis mg. L ⁻¹	%MS	Clorofila a $\mu\text{g. mL}^{-1}$	Clorofila b $\mu\text{g. mL}^{-1}$	Clorofila total $\mu\text{g. mL}^{-1}$				
T1	30	58,03 \pm 4,99	bcd	33,08 \pm 2,21	ab	25,32 \pm 1,1	c	58,4 \pm 1,12	b
T2	50	75,68 \pm 8,78	a	25,41 \pm 2,65	h	42,87 \pm 7,49	a	68,23 \pm 4,89	a
T3	70	68,49 \pm 1,83	ab	30,39 \pm 0,03	de	7,38 \pm 0,11	fg	37,77 \pm 0,11	ef
T4	30	63,69 \pm 8,92	b	31,32 \pm 0,1	cd	8,9 \pm 0,04	efg	40,22 \pm 0,14	e
T5	50	61,23 \pm 1,27	bc	31,38 \pm 0,05	bcd	8,61 \pm 0,16	efg	39,99 \pm 0,14	e
T6	70	61,75 \pm 5,23	bc	28,03 \pm 0,06	fg	5,83 \pm 0,06	g	33,86 \pm 0,05	gh
T7	0	58,93 \pm 3,56	bc	32,54 \pm 0,03	abc	10,53 \pm 0,09	ef	43,07 \pm 0,06	d
T8	4	52,96 \pm 2,2	cd	27,1 \pm 0,41	gh	38,9 \pm 0,22	b	65,99 \pm 0,39	a
T9	8	47,69 \pm 2,42	d	29,51 \pm 0,16	ef	6,24 \pm 0,06	g	35,76 \pm 0,1	fg
T10	0	51,32 \pm 6,29	cd	32,86 \pm 0,05	abc	15,61 \pm 0,71	d	48,87 \pm 0,65	c
T11	4	65,29 \pm 14,26	ab	33,26 \pm 0,08	a	11,5 \pm 0,07	e	44,37 \pm 0,07	d
T12	8	67,3 \pm 1,99	ab	26,72 \pm 0,05	gh	5,34 \pm 0,02	g	32,07 \pm 0,04	h

CLOROFILA TOTAL

El mayor contenido de clorofila total fue con el tratamiento T2 (50 mg.L⁻¹) de sulfato de Zinc aplicado al sustrato sobre la variedad Imbabura.

(Echeverría, 2015)

MATERIA SECA

El mayor porcentaje de materia seca fue con el tratamiento T2 (50 mg.L⁻¹) de sulfato de Zinc en la aplicación al sustrato sobre variedad Imbabura. (Reynolds, 2020)

CLOROFILA A

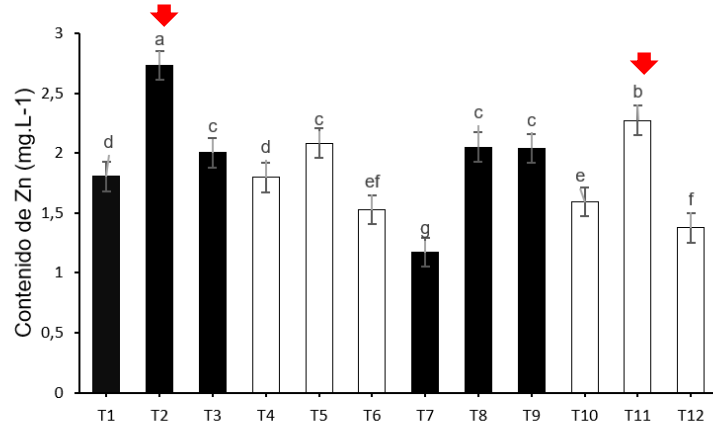
Se obtuvo que el tratamiento T11 (4 mg.L⁻¹) de sulfato de zinc vía foliar en la variedad San Jacinto obtuvo mayor porcentaje en comparación con las demás

CLOROFILA B

Se encontró que el tratamiento T2 (50 mg.L⁻¹) de sulfato de Zinc aplicado al sustrato sobre en la variedad Imbabura es mayor al comparar con los otros tratamientos.

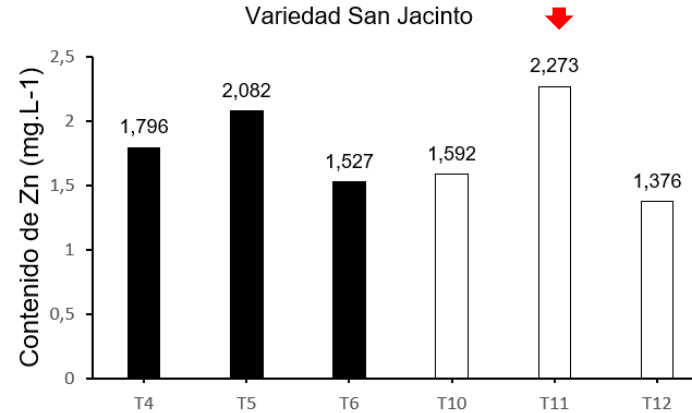
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de Zinc presente en plantas de trigo



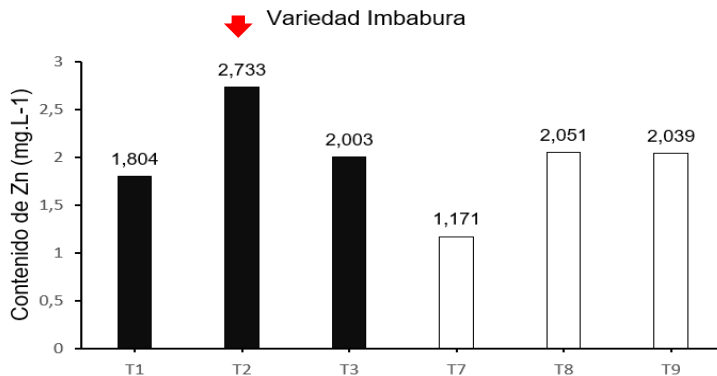
[T1 (Testigo) 30 mg.L⁻¹, T2 50 mg.L⁻¹, T3 70 mg.L⁻¹] Imbabura aplicación al sustrato, (T4 (Testigo) 30 mg.L⁻¹, T5 50 mg.L⁻¹, T6 70 mg.L⁻¹) San Jacinto aplicación al sustrato, (T7 (Testigo) 0 mg.L⁻¹, T8 4 mg.L⁻¹, T9 8 mg.L⁻¹) Imbabura aplicación foliar, (T10 (Testigo) 0 mg.L⁻¹, T11 4 mg.L⁻¹, T12 8 mg.L⁻¹) San Jacinto aplicación Foliar.

Contenido de Zinc presente en plantas de trigo variedad San Jacinto



Nota. Este grafico muestra el contenido de zinc en las plantas de trigo variedad San Jacinto con aplicación de zinc al sustrato y foliar. T4 (Testigo) 30 mg.L⁻¹, T5 50 mg.L⁻¹, T6 70 mg.L⁻¹), (T10 (Testigo) 0 mg.L⁻¹, T11 4 mg.L⁻¹, T12 8 mg.L⁻¹).

Contenido de Zinc presente en plantas de trigo variedad Imbabura



Nota. Este grafico muestra el contenido de zinc en las plantas de trigo variedad Imbabura con aplicación de zinc al sustrato y foliar. T1 (Testigo) 30 mg.L⁻¹, T2 50 mg.L⁻¹, T3 70 mg.L⁻¹), (T7 (Testigo) 0 mg.L⁻¹, T8 4 mg.L⁻¹, T9 8 mg.L⁻¹).

Se encontró que el mayor porcentaje de zinc incorporado en las plantas de trigo de las dos variedades fue con el tratamiento T2 50 mg.L⁻¹ aplicado al sustrato variedad Imbabura, mientras que para la variedad San Jacinto el mejor tratamiento fue el T11 4 mg.L⁻¹ aplicación foliar

CONCLUSIONES

- La variedad Imbabura con dosis de aplicación al sustrato de 50 mg.L^{-1} y la variedad San Jacinto con dosis de aplicación foliar de 4 mg.L^{-1} presentaron los mejores resultados para la biofortificación con sulfato de zinc en plantas de trigo.
- El método de aplicación para Zinc, más eficiente, fue con la aplicación al sustrato y para la variedad Imbabura, mientras que para la variedad San Jacinto el mejor método de aplicación fue foliar.
- La variedad con mayor contenido de zinc reportado mediante análisis de absorción atómica fue la variedad Imbabura con la que se obtuvo una cantidad de $2,733 \text{ mg.L}^{-1}$ de zinc mientras que la variedad San Jacinto obtuvo $2,273 \text{ mg.L}^{-1}$ de zinc.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realice ensayos aplicando zinc en diferentes épocas fenológicas de las plantas, al inicio del ahijamiento y luego en el macollado.
- Se recomienda en futuros ensayos trabajar quelatos de zinc junto con la aplicación de nitrógeno como precursor para la biofortificación.
- Se recomienda aplicar dosis de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de zinc directo al suelo para biofortificación en trigo para la variedad Imbabura y $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ foliar para la variedad San Jacinto.

GRACIAS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA