

Efectos del biol (efluente industrial modificado) sobre el rendimiento del cultivo vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)



Effects of biol (modified industrial effluent) on the yield of the green beans crop (*Phaseolus vulgaris* L.)

Efeitos do biol (efluente industrial modificado) na produtividade da cultura do feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.)

Legua Cárdenas, José Antonio; Campos Diaz, Ángel Hugo; Vélez Chang, Denisse Jesús; Cruz Nieto, Dante Daniel

José Antonio Legua Cárdenas

jlegua@unjfsc.edu.pe

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,
Perú

Ángel Hugo Campos Diaz

acampos@unjfsc.edu.pe

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,
Perú

Denisse Jesús Vélez Chang

denissej.velez@gmail.com

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,
Perú

Dante Daniel Cruz Nieto

dcruz@unjfsc.edu.pe

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,
Perú

Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA

Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia

ISSN: 2664-0902

ISSN-e: 2664-0902

Periodicidad: Cuatrimestral

vol. 7, núm. 19, 2023

editor@revistaalfa.org

Recepción: 15 Noviembre 2022

Aprobación: 21 Diciembre 2022

Publicación: 09 Enero 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404020003/>

Resumen: Los datos económicos correspondientes al 2022 indican un agravamiento de la situación a consecuencia de diversos factores: por un lado, la COVID-19 que aún está presente y por otro lado se tiene el problema la guerra entre Rusia y Ucrania, ocasionándose el incremento de los costos de energía y la pérdida de suministro de fertilizantes han hecho que los precios de los fertilizantes se incrementen a una mayor velocidad que el de los alimentos. Ante esta situación adversa de la realidad para el abastecimiento de los agroquímicos, es necesario plantear alternativas de solución para afrontar la crisis alimentaria con enfoque sostenible y viable. El objetivo es determinar la dosis adecuada de biol para obtener mayor rendimiento de vainita Para mostrar las propiedades fertilizantes de esta mezcla obtenida se le utilizó como fertilizante foliar aplicado al cultivo vainita, para ello se realizó la experimentación en campo de cultivo, se hizo la instalación utilizando el Diseño de Bloques Completamente Aleatorio, con cinco tratamientos, que fueron T., T., T., T. y T. con dosis de fertilizante 0, 2, 3, 4, 5 L/200 L, respectivamente aplicados al cultivo experimentado.

Palabras clave: Refinación, Agua de lavado del aceite, Efluente residual modificado, Vainita, Rendimiento.

Abstract: The economic data for 2022 indicate a worsening of the situation as a result of several factors: on the one hand, the COVID-19 is still present and on the other hand there is the problem of the war between Russia and Ukraine, causing the increase in energy costs and the loss of fertilizer supply have caused fertilizer prices to increase at a faster rate than food prices. Faced with this adverse situation of reality for the supply of agrochemicals, it is necessary to propose alternative solutions to address the food crisis with a sustainable and viable approach. The objective is to determine the adequate dose of biol to obtain higher yields of vainita To show the fertilizing properties of this mixture obtained, it was used as foliar fertilizer applied to the vainita crop, for this purpose the experimentation was carried out in the crop field, the installation was done using the Completely

Randomized Block Design, with five treatments, which were T1, T2, T3, T4 and T5 with doses of fertilizer 0, 2, 3, 3, 4, 5 L/200 L, respectively applied to the experimented crop.

Keywords: Refining, Oil wash water, Modified residual effluent, Vanita, Yield.

Resumo: Os dados econômicos para 2022 indicam um agravamento da situação como resultado de vários fatores: por um lado, a COVID-19 ainda está presente e, por outro, há o problema da guerra entre a Rússia e a Ucrânia, causando um aumento nos custos de energia e a perda do fornecimento de fertilizantes, que fizeram com que os preços dos fertilizantes aumentassem a um ritmo mais rápido do que os preços dos alimentos. Diante desta realidade adversa para o fornecimento de agroquímicos, é necessário encontrar soluções alternativas para enfrentar a crise alimentar em uma abordagem sustentável e viável. O objetivo é determinar a dose adequada de biol para obter um maior rendimento de vanita. Para mostrar as propriedades fertilizantes desta mistura obtida, ela foi utilizada como fertilizante foliar aplicada à cultura vanita, para este fim a experimentação foi realizada no campo de cultivo, a instalação foi feita utilizando o Projeto de Bloco Completamente Aleatorizado, com cinco tratamentos, que foram T1, T2, T3, T4 e T5 com doses de fertilizante 0, 2, 3, 4, 5 L/200 L, respectivamente aplicados à cultura experimentada.

Palavras-chave: Refino, Água de lavagem de óleo, Efluente residual modificado, Vanita, Yield.

INTRODUCCIÓN

El acontecimiento de la pandemia de la COVID-19 y el problema geopolítico entre Rusia y Ucrania han afectado la economía a nivel global, ocasionándose el incremento de los costos de energía y la pérdida de suministro de fertilizantes han hecho que los precios de los fertilizantes se incrementen a una mayor velocidad que el de los alimentos.

Ante esta situación es necesario plantear alternativas con enfoque sostenible y viable que se disponga de fertilizantes para la agricultura y de esta manera tener otras opciones para afrontar la crisis alimentaria. Es preferible evitar la producción de un residuo que reciclarlo, tratarlo o disponer de él una vez que se haya formado (1).

El manejo inadecuado de los subproductos y efluentes de las plantas extractoras de aceites están ocasionando serios problemas de contaminación, aumentando la demanda biológica de oxígeno en las fuentes de agua; la lumbricultura es una práctica que permite reciclar estos restos orgánicos y convertirlos en un abono que retornaría parte de los nutrientes extraídos, sin deterioro del ambiente (2).

En la generación de los residuos del procesamiento del aceite, se utilizan procesos de decantación, esterilización y centrifugación, producen una gran cantidad de efluentes líquidos en proporción de 75, 17 y 8%, respectivamente (3). Estas mezclas contienen cantidades importantes de materia orgánica con alto contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que al ser vertidas al ambiente pueden generar problemas de eutroficación y contaminación de las aguas subterráneas (4).

La industria alimentaria y afines que utilizan en sus actividades de procesamiento de purificación, operaciones unitarias para concentrar o separar productos deseados y residuos en estado líquido y/o sólido, en el caso de la industria aceitera, serían aprovechable los efluentes del lavado de aceite refinado de pescado, que

se producen con alta carga orgánica e inorgánica y con elevado potencial nutriente, con previo tratamiento físico químico y/o biológico.

Para evitar la contaminación de los efluentes, deben ser tratados en lagunas de estabilización con procesos anaerobios, facultativos, metanógenas, aerobios y/o combinaciones de los mismos (5). La disposición final de las aguas residuales ha sido estudiada con el fin de utilizarlas como fertilizante (6).

Por lo referido líneas arriba, motiva que si en la neutralización del aceite de pescado, se podría utilizar el efluente al lavar el aceite con agua alcalina con KOH, estas aguas residuales son tratadas fisicoquímicamente orientando las reacciones químicas para producir un efluente modificado con propiedades físicas y químicas fertilizantes (biol).

Para apreciar la respuesta de los cultivos a la aplicación del biol obtenido, teniendo en cuenta sus propiedades fertilizantes, se utilizó el cultivo vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jade, en un diseño experimental de 3 bloques, con cinco tratamientos por bloque, para analizar las características físicas y químicas resultantes en los tratamientos se comparó con el tratamiento testigo.

Por este motivo, se realizó la investigación sobre los efectos de biol, aplicado a las hojas del cultivo, para evaluar el rendimiento del cultivo vainita, el objetivo fue determinar la dosis adecuada de biol para obtener mayor rendimiento de vainita. Otro propósito de esta investigación es darle un valor agregado a este producto de manera que pueda beneficiar a los agricultores de la comunidad de Barranca.

Este producto procedente de un agua residual industrial, al tener propiedades fertilizantes sería viable económicamente y técnicamente para su aplicación en la agricultura, con la ventaja adicional de poder cosechar productos ecológicos, reducir el costo de producción, mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, así también reduciría la contaminación ambiental al reducir el uso de fertilizantes químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condición climática

La experimentación se realizó en las proximidades del barrio denominado Las Tres Piedras en el distrito de Supe de la provincia de Barranca de la región Lima. El campo de cultivo está ubicado en la costa del Océano Pacífico con una altitud de 50 a 150 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), además presenta una temperatura promedio que oscila entre 18-20 ° C y una humedad relativa de entre 83 a 85 %.

Población y muestra

La población se refiere a todas las plantas de vainita sembradas. Respecto a la muestra se tomó las plantas de los 2 surcos centrales con la finalidad de evitar el efecto de borde, estas se evaluaron desde la siembra hasta la cosecha.

Factor de estudio

La aplicación de las dosis del biol, se aplicó al cultivo de vainita que se muestra en la Tabla 1, se consideró la cantidad de dosis que emplean los agricultores de la zona que es de 3 L de biol/200 L de agua y el T1=0 (testigo). También se tuvo en cuenta la recomendación de (7), quien para el cultivo de hortalizas utilizó una dosis de 3 L de biol por 200 L de agua.

TABLA 1
Dosis de biol por tratamiento

Tratamiento	Dosis de biol L/200 L de agua
T1	0
T2	2
T3	3
T4	4

Análisis estadístico

Análisis de varianza

Obtenidos los datos de las características físicas de la planta se procesaron mediante el análisis de varianza que determinó si hubo efecto de dosis de biol ($F_{\text{Calculado}} < F_{\text{tabulado}}$) o no; es decir si la aplicación de este efluente influyó estadísticamente en el desarrollo y rendimiento de vainita. En la Tabla 2 se detalla los componentes del análisis de varianza.

TABLA 2
Análisis de varianza para el diseño de bloques completamente al azar.

Fuente de variación	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F
Tratamientos	SST	$K - 1$	$SST / (k - 1) = MST$	MST / MSE
Bloques	SSB	$b - 1$	$SSB / (b - 1) = MSB$	MSB / MSE
Error	SSE	$(k - 1)(b - 1)$	$SSE / (k - 1)(b - 1) = MSE$	
total	SS Total	$n - 1$		

Ling et al. (8)

Prueba de Duncan

Luego de procesar los datos de las características físicas mediante el análisis de varianza, se determinó con la prueba de Duncan al 5 %, el error que permitió determinar si hubo homogeneidad, calificado por una misma letra de abecedario o diferenciación. También precisó que tratamiento destacó con relación a los demás.

Para la recolección de los datos de las características físicas de la vainita como altura, número de vainas, peso de vainas y rendimiento, se aplicaron técnicas de observación e instrumentos de medición como balanza de precisión y materiales laboratorio. Esta medición se realizó en todas las parcelas con el mismo criterio.

Procedimiento

La preparación de terreno se realizó de manera convencional como lo realizan los agricultores de la zona; es decir riego de machaco, oreo, paso de maquinaria agrícola con disco y rayado.

Luego se tomó muestra de suelo que se llevó al laboratorio de análisis de suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)–Huaral, para conocer las propiedades físico químicas del suelo.

Se instaló e implementó los tratamientos y bloques de manera aleatoria y se sembró la semilla de vainita a distanciamiento de 0.25 m entre planta y 0.60 m entre surco 2 semillas por golpe.

Seguido se aplicaron las dosis de biol a los 30 y 45 días después de la siembra y al llegar a la cosecha se evaluaron la cantidad de vainas por planta, peso de vainas por planta y rendimiento; para lo cual se usaron análisis de varianza y prueba de Duncan

En la cosecha se separaron muestras de hojas para al análisis foliar en un laboratorio certificado (AGQ Labs) para determinar la concentración de nutrientes que influyen en el rendimiento, finalmente se llevaron muestras de hojas para la evaluación por microscopia electrónica de Barrido.

Obtención del fertilizante de biol

El fertilizante líquido se preparó a escala laboratorio, igualmente como se le procesa industrialmente, a partir de una muestra de aceite crudo de pescado desgomada, que se neutralizó con KOH, en lugar de utilizar el NaOH, que normalmente utiliza la industria aceitera, el aceite neutralizado se lava con agua produciéndose un agua alcalina.

El aceite neutralizado se decanta para separarlo de los jabones formados, posteriormente éstos se desdoblan con la adición de H₂SO₄, en ácidos grasos y un agua ácida que se mezcla con el agua alcalina producida en el lavado del aceite. Esta mezcla acuosa resultante se trató con NH₄OH con el propósito de neutralizar el agua residual y a la vez favorecer su composición como agua fertilizante. El biol es una fuente de fitorreguladores, actúa como estimulante orgánico porque promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (9).

En la cosecha se tomaron muestras de hojas de la parte central del tallo de la planta por cada tratamiento, éstas se llevaron al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (10) para los análisis químicos respectivos. Asimismo, se complementó el análisis de las muestras de hojas seleccionadas con el análisis por microscopia, determinando la densidad de tricomas, utilizando el microscopio electrónico de Barrido.

RESULTADOS

Análisis de suelo

Realizado el análisis de suelo del área experimental que se detalla en la Tabla 3, se determinó que el pH es de 7.61, materia orgánica 1.51 %, nitrógeno con 0.08 %, fósforo con 143.62 ppm y potasio con 115 ppm; por lo que estos valores indican que tiene baja concentración de materia orgánica, nitrógeno, alto en fósforo, potasio dentro de lo adecuado y pH ligeramente alcalino de acuerdo a los intervalos nutricionales (11). En cuanto los cationes intercambiables de Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio están dentro de los valores medios y bajo en CIC capacidad de intercambio catiónico según los valores de (12). Estos valores indican que el suelo es adecuado para la siembra de hortalizas sin embargo es necesario aplicar fertilizante orgánico para compensar los elementos que faltan.

TABLA 3
Análisis de suelo del área experimental

C.E. mS/m	pH	M.O. %	N%	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Intercambiables (mEq/100 g suelo)				CIC ppm
							Ca	Mg	Na	K	
44.30	7.61	1.51	0.08	20.52	143.62	0.44	6.91	1.34	0.47	0.37	9.08

INIA (10)

CIC Capacidad de intercambio catiónico
MO Materia orgánica
CE Conductividad eléctrica

Análisis de microelementos

En cuando al análisis de microelementos que se detalla en la Tabla 4, se aprecia baja concentración de fierro, zinc, cobre y manganeso con respecto a la concentración que presentan otros abonos referenciales.

TABLA 4
Análisis de Microelementos

Fierro (Fe)	mg/kg	35.95
Zinc (Zn)	mg/kg	0.44
Cobre (Cu)	mg/kg	0.05
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.05

INIA (10)

De acuerdo al análisis de suelo granulométrico, el suelo es de tipo franco arenoso, que se muestra en la Tabla 5; por lo que tiene mayor concentración de arena. Este resultado evidencia que este suelo requiere materia orgánica para mejorar las condiciones adecuadas de siembra de hortalizas.

TABLA 5
Análisis de Textura

Arena	%	56
Limo	%	34
Arcilla	%	10

INIA (10)

Clase textural Franco arenoso

Análisis del biol

De acuerdo a los resultados que se muestran en la Tabla 6, realizados en el INIA se determinó que hubo mayor concentración de residuos totales, seguido del nitrógeno, pero bajo en fósforo, potasio, calcio, magnesio y relación Carbono nitrógeno. Respecto al pH del efluente es alcalino y alto en conductividad eléctrica que indica un efluente moderadamente salino. Por lo que, se analiza que el efluente tiene concentración de sales, pero adecuado en nitrógeno y bajo en otros nutrientes; siendo este producto adecuado a cierta dosis para el uso foliar en cultivos de hortalizas.

TABLA 6
Análisis completo del biol

ID Muestra	pH	C.E. mS/cm	Sólidos totales (g/L)	M.O mg/L	N mg/L	P mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	C/N
Abono líquido	8.24	471	359	722	25760	88.86	1707.51	17.19	1.85	0.03

INIA (10)

El análisis de microelementos del biol obtenido que se aprecia en la Tabla 7, indica que las concentraciones de los microelementos Fe, Zn, Cu y Mn, están a bajas concentraciones cuando se contrastan con los abonos, tipo vermicomposta (13), mencionan que estos abonos orgánicos contienen 0,02% de hierro. Con respecto a los valores de Zn y cobre, presentan también bajas concentraciones, en relación a los del abono Bocashi, (14) explican que este abono tiene superior porcentaje de Zn con 0.0249% y Cu. A pesar de presentar bajas concentraciones de estos microelementos del biol, se lograron resultados óptimos en el rendimiento de vainita.

TABLA 7
Microelementos del efluente

ID Muestra	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm
Biol	0.055	0.58	0.005	0.11

Fuente: INIA (10)

El agua de riego que se utilizó para los cultivos experimentados, se muestra en el Tabla 8, presenta una salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. El agua con bajo contenido en sodio, es apta para el riego en la mayoría de los casos.

TABLA 8
Análisis completo de agua

Determinaciones	
C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C	647.00
pH	7.12
Ca ²⁺ meq/L	3.54
Mg ²⁺ meq/L	1.30
Na ⁺ meq/L	1.43
K ⁺ meq/L	0.18
Suma de Cationes	6.45
CO ₃ ²⁻ meq/L	0.00
HCO ₃ ⁻ meq/L	1.10
Cl ⁻ meq/L	2.42
NO ₃ ⁻ meq/L	1.46
SO ₄ ²⁻ meq/L	1.50
Suma de Aniones	6.48
Fe ppm	0.005
Zn ppm	ND
Cu ppm	0.026
Mn ppm	0.077

INIA (10)

Evaluación de las características físicas de la planta

De acuerdo a los resultados de la Tabla 9, se aprecia que el peso de vainas por planta y el número de vainas destacó, el tratamiento de mayor dosis de biol, que es el tratamiento T5; sin embargo, a una dosis adecuada

que es el tratamiento T4, que obtuvo mayor rendimiento con 13.96 tn/ha diferenciándose con relación al tratamiento T1, superado en 19.42 % en rendimiento. Por lo que a esta dosis se logró una respuesta favorable en cuanto al rendimiento de vainita.

TABLA 9
Características físicas del cultivo de vainita por tratamiento

Tratamientos	Peso de vainas por planta (g)	Número de vainas (N°)	Tratamientos	Rendimiento comercial
T5	109.62 a	18.00 a	T4	13.965 a
T4	103.33 a	15.94 a	T5	12.922 a
T3	98.45 a	14.77 a	T3	12.672 a
T2	90.25 a	12.27 a	T2	11.598 a
T1	86.82 a	11.46 a	T1	11.252 a
Significancia	**	**	Significancia	**
C.V. %	20.11	23.6	C.V. %	11.07

Nota Coeficiente variación (C.V.), Letras iguales son estadísticamente homogéneos

Análisis de concentración de nutrientes

De acuerdo a los resultados de concentración de nutrientes por tratamientos, desarrollados por (15) que se muestran en la Tabla 10, se detalla que el tratamiento T2 los macronutrientes: potasio, nitrógeno, fósforo se encuentran dentro de los valores normales. Asimismo, en el tratamiento T4 destaca el hierro, cobre zinc y boro, por lo que a esta dosis y concentraciones de nutrientes influyeron en el rendimiento y calidad de vainita.

TABLA 10
Análisis foliar de vainita de acuerdo a las dosis de efluente modificado

Macro nutrientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5	Valores normales
Potasio	1.74	2.16	1.26	1.58	1.14	2.00 - 6.00
Nitrógeno	4.07	4.57	3.89	4.28	3.79	4.75 - 5.50
Fósforo	0.602	0.66	0.43	0.60	0.53	0.45-1.10
Calcio	5.83	4.36	7.28	6.14	7.35	0.50-1.50
Magnesio	0.69	0.65	0.88	0.73	0.75	0.25 - 1.00
Azufre	0.29	0.38	0.29	0.30	0.27	
Micro nutrientes (ppm)						
Hierro	295	293	381	405	396	60.0 - 140
Manganeso	188	180	300	262	261	26.0 - 360
Cobre	11.2	14.7	9.08	11.7	8.55	5.00 - 15.0

AGQ Labs (15)

Densidad de tricomas por tratamiento

Con el uso del microscopio electrónico de Barrido para el grado de aumento de 80 X, se obtuvo las micrografías por tratamiento, que se aprecia en la Figura 1 y las densidades de tricomas en la Tabla 11, lo

cual se indica que la mayor densidad de tricomas destacó el tratamiento T5 con 309 tricomas/ mm2. Por lo que se evidencia una parcial tendencia, que a medida que se aumenta las dosis de biol en los tratamientos, se incrementan que las densidades de tricomas y se obtienen mayores volúmenes y tamaños de los tricomas.

TABLA 11
Cantidad y densidad de tricomas en hojas de vainita por tratamiento

Evaluación de tricomas	T1	T2	T3	T4	T5
Número de tricomas	32	26	28	19	52
Densidad de tricomas (número de	190	154	166	113	309

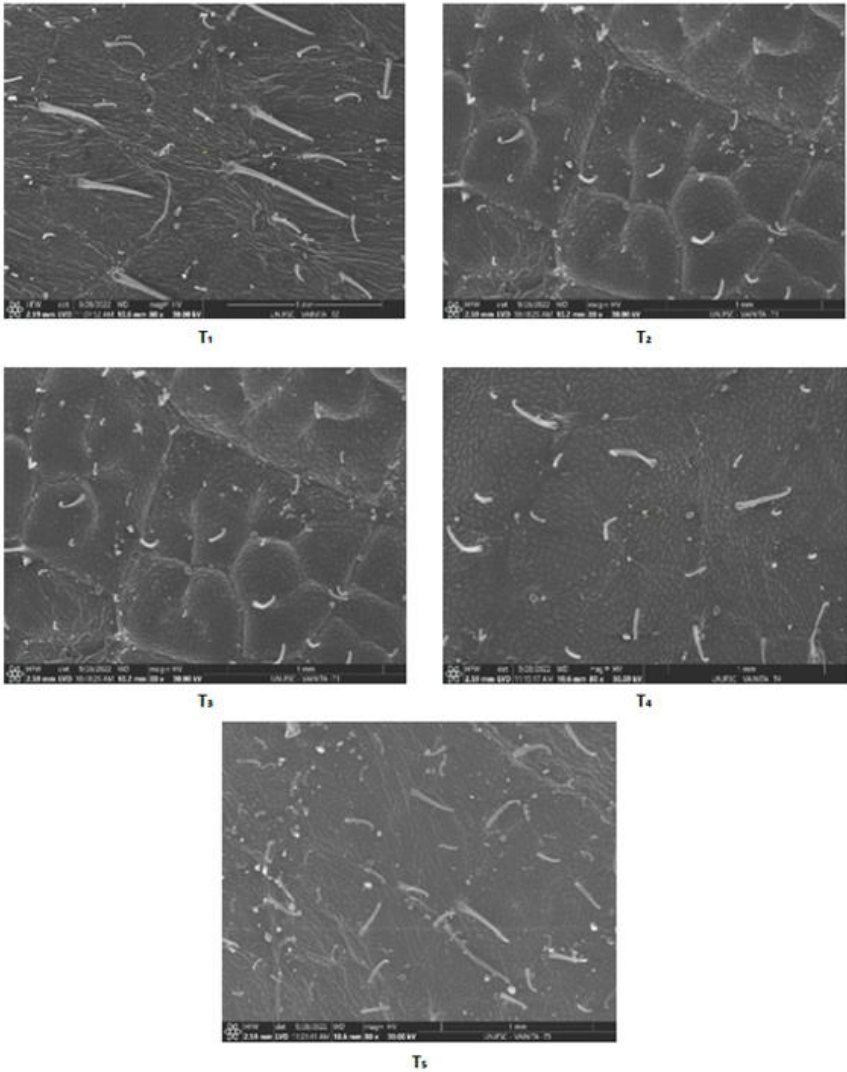


FIGURA 1
Micrografías de tricomas en las hojas de vainita de cada tratamiento

DISCUSIÓN

Características físicas de vainita

De acuerdo a los resultados de las características físicas del cultivo de vainita que se aprecia en la Tabla 9, se determinó que al incrementar las dosis de biol, se incrementó el rendimiento en peso de planta de vainas, número de vainas y rendimiento. Por lo que se infiere que a esta mayor dosis que corresponde al tratamiento T5, se adicionaron nutrientes a las plantas, los cuales se incorporaron por medio de las células de plantas y condujeron hacia las hojas por el proceso fotosintético para la formación de carbohidratos y translocación para la formación de frutos. Así también es evidente que en la aplicación del biol al menos un 40 % cae en el suelo alrededor de la planta, que al ser infiltrado se pone al alcance de las raíces en la zona de la rizosfera, por lo que también el biol aporta con nutrientes y gran cantidad de microorganismos al suelo que aportan a la fijación de carbono, mejora la capacidad de absorción de agua, promueven las actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas a través de la producción de enzimas (16).

Análisis de concentración de nutrientes

Respecto al análisis de concentración de nutrientes en hojas de vainita que se detalla en la Tabla 11, se aprecia que en T2 el nitrógeno, potasio, fósforo se encuentran dentro de los valores normales; pero en micronutrientes destacó el T4 con hierro, cobre, zinc y boro, también se encuentran en el rango de los valores normales. Por lo que se analiza que a estas dosis de biol adicionaron micronutrientes esenciales referidos influyeron en muchas reacciones bioquímicas como la fotosíntesis, evapotranspiración, translocación de carbohidratos que influyen en el rendimiento y calidad de vaina.

Densidad de tricomas por tratamiento

En cuanto al análisis biológico de tricomas que se detalla en la tabla 12, se aprecia que a medida que se aumenta las dosis de biol se incrementó la densidad de tricomas, lo cual se destaca el T5 con 309 tricomas/mm² que se diferencia en 38.51 % con relación al T1 (testigo). Por lo tanto, se analiza que a esta densidad de tricomas influyó en la óptima hidratación de las células de la hoja dándole condiciones adecuada de fortalecimiento frente a estrés ambiental. Los tricomas permiten tolerar condiciones de estrés abiótico como alta radiación solar y sequía (17).

CONCLUSIONES

Se determinó que a mayor dosis de biol que es el tratamiento T5 con 5 L de bio/200L de agua, se obtuvo mayor rendimiento con 13.96 tn/ha diferenciándose con relación al tratamiento T1 en 19.42 %. Por lo tanto, esta dosis es favorable para los agricultores de la zona, que evidenció el mayor rendimiento.

También se determinó que en la concentración de nutrientes el tratamiento T2 destacó en N, P y K y que se encuentran en condiciones normales; sin embargo, el tratamiento T4 sobresalió en micronutrientes como Fe, Cu, Zn, los cuales influyeron en el rendimiento del cultivo vainita. Este resultado indica que a esta dosis adecuada influyó en la disponibilidad de micronutrientes que influyen en el rendimiento.

En cuanto al análisis biológico se determinó que ha mayor dosis de biol que es el tratamiento T5 obtuvo 309 tricomas/mm² lo cual influyó en la aportación de nutrientes del fertilizante. Este resultado destacó que

a mayor dosis de biol incrementó los tricomas, que a su vez influyó en el desarrollo de la planta y por ende en el rendimiento y calidad del cultivo vainita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Doria M. Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*. 2009; 20(4): 412-420. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000400004.
2. Hernández J, Contreras C, Palma R, Sarria J y Pietrosevoli S. Efecto de los restos de la palma aceitera sobre el desarrollo y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia spp*). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 2002;19(4). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182002000400006.
3. Prasertsan S, and Prasertsan P. Biomass residues from palm oil mills in Thailand: an overview on quality and potential usage. *Biomass Bioenergy*. 1996a;11:387-395. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1659-1321201700020052300034&lng=en.
4. Sierra-Márquez J, Sierra-Márquez L, Olivero-Verbel J. Potencial económico de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) Economic potential of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agronomía Mesoamericana*. 2017a;28(2). <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25927>.
5. Sierra-Márquez J, Sierra-Márquez L, Olivero-Verbel J. Potencial económico de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) Economic potential of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agronomía Mesoamericana*. 2017b; 28(2). <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25927>.
6. Prasertsan, S., and P. Prasertsan. Biomass residues from palm oil mills in Thailand: an overview on quality and potential usage. *Biomass Bioenergy*. 1996b;11:387-395. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1659-1321201700020052300034&lng=en.
7. Tencio R. Guía de elaboración y aplicación de bioinsumos para una producción agrícola sostenible. In M. de A. y Ganadería (Ed.), Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica, Cooperación y Fondo Multilateral de Inversiones. 2017. <http://www.magg.go.cr/bibliotecavirtual/F08-10924.pdf>.
8. Ling O, Kong L y Khoon C. Conversión de efluentes y tusas en fertilizantes orgánicos con cero desperdicios. *Palmas*. 2007; 28:Tomo II. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1306/1306>.
9. Castillo G. Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2012;179p. <https://idl-bnc-idrc.dspace.org/bitstream/handle/10625/26391/IDL-26391.pdf?sequence=106&isAllowed=y>.
10. INIA. Estación experimental agraria Huaral – Donoso, Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). 2022.Lima-Perú.
11. Priale C. Muestreo de suelos: referencias sobre el análisis e interpretación de resultados. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación experimental agraria.INIA.2016.https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui/bitstream/inia/286/1/Muestreo_de_suelos.pdf
12. McKean S. Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Una guía teórica y práctica de metodologías. Laboratorio de servicios analíticos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1993. Documento de trabajo No. 129. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_
13. Román P, Martínez M y Pantoja A. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. 2013. www.fao.org/3/a-i3388s.pdf. accessed 05.04.2021.
14. Pérez A, Céspedes C y Núñez P. Caracterización Física-Química y Biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana, *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 2008;8(3):10–29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000300002>.
15. AGQ Labs. Lima. Perú. Análisis foliar de hojas de vainita, Informe de ensayo- material vegetal. 2022. Código: V-21/083632, V-21/083633, V-21/083634, V-21/083635 y V-21/083637. Acreditado Testing Laboratory (IAS) TI-502.

16. Castellanos D, Rincón J, Arguello A. Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana Ciencia Hortícola*. 2015; 9(1): 72-85. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3218>.
17. Sepúlveda A. Evaluación de la función de los tricomas de *Astrophytum myriostigma* (Cactaceae). 2013. Repositorio IPICYT. Tesis de maestría. Ecología Vegetal. <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1555/1/TMIPICYTS4E82013.pdf>.