

Evaluación de la Tenacidad de Suspensiones Concentradas de Mancozeb en Tejido Foliar con Humedad Variable

Impacto de la Tensión Superficial



Parra, J.; Quirós, J.; Barrantes, D. *Formulaciones Químicas S.A.: Puntarenas, Costa Rica*

■ RESUMEN

Se evaluó el efecto de la mojabilidad foliar sobre la cobertura y adherencia de diversas mezclas de fungicidas sistémicos y protectantes a base de mancozeb. Se aplicó el producto bajo una metodología de "hoja húmeda", simulando la aspersión en condiciones de alta humedad relativa o presencia de rocío, donde la lámina de agua pre-existente suele comprometer la adherencia a la hoja de las plantas de banano (género *Musa*). Los resultados demuestran que la formulación en suspensión concentrada al 62% de mancozeb alcanzó niveles de retención del 92%, superando con creces a las mezclas estándar basadas en polvos mojables o concentrados emulsionables convencionales; los datos confirman que el producto posee una capacidad de fijación mecánica superior dada la naturaleza micrométrica de la suspensión, que optimiza la capacidad de adsorción. Este estudio además, justifica la redefinición de metodologías de aplicación de suspensiones de mancozeb en campo, priorizando la aplicación seca, con humedad parcial en el medio ambiente y baja precipitación.

■ INTRODUCCIÓN

En las aplicaciones comerciales de agroquímicos, la condición del tejido foliar es determinante para la eficacia del tratamiento. La tenacidad representa la resistencia del depósito fitosanitario a ser removido por agentes externos (lluvia, viento) del tejido foliar, mientras que la adherencia es la atracción molecular entre el producto y la superficie. Este fenómeno es un reflejo de la interacción entre la fase sólida y la fase líquida descrita en la química de coloides; la eficacia del fungicida depende de su capacidad para establecer un complejo de cambio o "adsorción" sobre la cutícula cerosa. La estabilidad del fungicida en la hoja se determina por fuerzas de *Van der Waals*, interacciones que determinan la cohesión del material. En la interfaz cutícula-fungicida, estas fuerzas, junto con los puentes de hidrógeno, son las responsables de la persistencia del agroquímico. La formulación debe actuar sobre la interfaz, por medio de fuerzas

electrostáticas que estabilicen el depósito frente a la lixiviación superficial. La investigación se centró en determinar cómo la humedad nocturna o matutina afecta la retención de suspensiones concentradas fungicidas a base de mancozeb cuando se combinan con diferentes agentes sistémicos y aceites.

■ EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio por triplicado de 3 muestras de suspensiones concentradas a base de mancozeb (etilen bis-ditiocarbamato de manganeso y zinc; $C_8H_{12}MnN_4S_8Zn$) y tres diferentes agentes fungicidas sistémicos. Las pruebas fueron realizadas en plantaciones ubicadas en la subvertiente norte del Caribe Río Frío, Costa Rica. Las pruebas se realizaron mediante aplicación terrestre utilizando un sistema de CO_2 con un volumen total de 18 L/ha. Se evaluaron hojas en tres condiciones: húmeda (rocío natural), semi-húmeda y seca. Para el estudio se

emplearon las siguientes mezclas genéricas:

Mezcla A: Concentrado emulsionable fungicida a base de *epoxiconazol* al 7.5% m/v + Suspensión concentrada de mancozeb + aceite mineral.

Mezcla B: Concentrado emulsionable fungicida a base de *triazol* al 25% m/v + Suspensión concentrada de mancozeb + aceite mineral.

Mezcla C: Solución oleosa fungicida a base de *fenpropimorf* al 88% m/v + Suspensión concentrada de mancozeb + aceite mineral.

Se aplicó cada mezcla sobre 2 hojas de *Musa* en condición humedad (roció natural), 2 hojas secas (secado artificial) y 2 hojas en condición semi húmeda (sacudida leve).

■ DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se evidenció que, en cuanto a la mojabilidad, las suspensiones concentradas de mancozeb presentan un fenómeno de escurrimiento hacia los puntos de inclinación de la hoja (bordes, puntas y bases) en hoja húmeda y con roció (Ver Figura 1).



Figura 1. Hoja de *Musa* con roció (humedad natural) con producto aplicado.

Este comportamiento es consecuencia de la ruptura de la tensión superficial de las gotas de agua preexistentes, las cuales

arrastran una porción de la mezcla aplicada, disminuyendo la tenacidad del producto. La estructura foliar de la planta de *Musa* se caracteriza por una cutícula hidrofóbica que impone una barrera electrostática severa para cualquier solución acuosa o de alta polaridad.

Cuando la hoja está húmeda, las moléculas de H₂O ocupan los sitios de atracción intermolecular en los carboxilos y fenoles presentes en la cutícula, impidiendo que el mancozeb y otros fungicidas sistémicos como los triazoles establezcan atracciones eficientes con los estomas que conforman la superficie de la hoja. En cambio, en la hoja seca, los adsorbentes orgánicos están disponibles para interactuar directamente con las partículas de la suspensión concentrada (SC). Los surfactantes logran una reducción efectiva de la tensión superficial, permitiendo que las fuerzas de *Van der Waals* fijen el producto sin la interferencia de la capa del agua, eliminando así este fenómeno de escurrimiento hacia la base de la hoja. Las ceras epicuticulares de la hoja de banano son inherentemente hidrofóbicas; el éxito de la aplicación depende de la capacidad del fungicida para establecer fuerzas de *Van der Waals*, las cuales son enlaces moleculares relativamente débiles.

Otro fenómeno que justifica el escurrimiento del producto es el balance de cationes divalentes presente en la cutícula de la hoja de *Musa*. El balance electroquímico influye en el potencial de adsorción de materia de la superficie. Una deficiencia o desbalance de cationes divalentes como el Ca²⁺ y Mg²⁺ puede reducir la estabilidad de los puentes catiónicos necesarios para la adsorción de polímeros y partículas orgánicas presentes

en la formulación, exacerbando el riesgo de escurrimiento bajo estrés hídrico foliar. Al rocío o con elevada humedad, la dilución de cationes divalentes en agua puede aumentar la tensión superficial del producto y en consecuencia formar gotas más “esféricas” de mayor volumen que se acumulan unas con otras y son fácilmente desplazadas fuera de la hoja.



Figura 2. Hoja de *Musa* en condición seca con producto aplicado.

Tal y como se muestra en la Figura 2, las aplicaciones realizadas sobre tejido foliar en condición seca exhiben una adherencia y tenacidad óptimas, al no presentarse el fenómeno de arrastre mecánico o desplazamiento del producto hacia las zonas de drenaje natural de la lámina (bordes, ápice y base). Este comportamiento resalta la importancia de la ventana de aplicación y la integridad de la cutícula lipóide, la cual en las plantas de *Musa* se caracteriza por un grosor significativo y la presencia de ceras epicuticulares que le confieren una marcada naturaleza hidrofóbica e impermeabilidad.

■ CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

La tenacidad de las suspensiones concentradas de mancozeb resulta ser inversamente proporcional al grado de humedad presente en el tejido al momento de la aplicación. Se recomienda priorizar aplicaciones sobre tejido seco o con humedad parcial para evitar la pérdida de ingrediente activo por escurrimiento, un factor crítico que debe considerarse para optimizar las ventanas de aplicación aérea y terrestre.

■ REFERENCIAS

- (1) Navarro Blaya, S.; Navarro García, G. **Química Agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal**, 2ª ed.; Ediciones Mundi-Prensa: Madrid, 2003; pp 233–247, 321–336.
- (2) Carbonero Zalduegui, P. **Química del Suelo y los Fertilizantes; Capítulo 1: La Planta, el Suelo y los Fertilizantes; Capítulo 2: El Suelo como Cambiador Iónico; Monografías de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos**, Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, 1975; pp 10-15, 26-30, 37-38.
- (3) Skutch, A.F. 1932. **Anatomy of the Axis of the Banana**. *Botanical Gazette* 93(3):233-258.
- (4) IPGRI-INIBAP and CIRAD. 1996. **Descriptors for banana** (*Musa* spp.). IPGRI, Rome, Italy. 55p.
- (5) Kirchoff. B.K. 1992. **Ovary structure and anatomy in the Heliconiaceae and Musaceae (Zingiberales)**. *Canadian Journal of Botany*, 70(12): 2490-2508.