

NANOTECNOLOGÍA APLICADA A LAS FORMULACIONES DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DEL CARBÓN DEL MANÍ

Camiletti, B.X.¹; Paredes, J.A.²; Asinari, F.²; Monguillot J.H.²; Camacho, N.M.³; Rago, A.M.^{4,5}
1- FCA-UNC, CONICET; 2- IPAIVE-CIAP-INTA, UFYMA; 3- FCQ-UNC, CONICET. 4-FaYV, UNRC. 5 CIAP-INTA
paredes.juanandres@inta.gob.ar

Introducción

El carbón del maní es la enfermedad más importante del cultivo en Argentina, en cierta medida por la baja utilización de estrategias de control, muchas veces poco eficientes o con resultados variables. La infección es localizada en el clavo, donde el momento de susceptibilidad es alrededor de los primeros 10 días desde su ingreso al suelo por lo que es necesario proteger los clavos o generar un ambiente fungitóxico para evitar la infección. La utilización de productos químicos es una alternativa de control, pulverizaciones de fungicidas se experimentan con resultados dispares. Resultados previos de ensayos indican que la mezcla azoxistrobina + ciproconazole (AZO+CYP) es una de las combinaciones de mejor desempeño (Rago et al., 2017). Sin embargo, su eficiencia es variable, aún cuando se aplica en dos momentos y a alta dosis (2,5 veces superiores a las utilizadas para viruela del maní). En este sentido, surge la necesidad de innovar en la formulación a fin de incrementar su eficiencia y disminuir las dosis para controlar la enfermedad. La nanotecnología involucra materiales a nanoescala que presentan nuevas propiedades y funciones como resultado de su tamaño. Los nanocristales involucran ingredientes activos con tamaño de partícula menor a 1 µm, logrando incrementar su biodisponibilidad. El objetivo fue evaluar la respuesta en el uso de nanocristales en la formulación de fungicidas como estrategia de control del carbón del maní.

Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en las campañas 2018/19 y 2019/20. Las experiencias fueron realizadas en ensayos a campo y en macetas en condiciones semi-controladas. Los ensayos de campo se realizaron en un lote experimental de General Deheza, con una carga de >3500 esp/g de suelo, inóculo superior a los encontrados en la mayoría de los lotes productivos. El diseño del ensayo fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. Cada parcela estaba compuesta por cuatro surcos y diez metros de largo. Las pulverizaciones se realizaron durante la noche, utilizando una mochila de gas carbónico, 2,5 bares de presión, aplicados con lanza de cuatro picos y un caudal de 150 l/ha de caldo. Se realizaron dos aplicaciones, una aproximadamente 7 días después de R2 y la segunda 15 días después de la primera. Los tratamientos se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tratamientos utilizando diferentes tipos de fungicidas y formulación, dosis de aplicación y dosis en gramos de ingrediente activo por hectárea para el control del carbón del maní.

Trat.	Fungicida	Formulación	Dosis g. i.a/ha por aplicación
1	Testigo sin aplicación		
2	Azoxistrobina 20%	Comercial	200
3	Ciproconazole 8%	Comercial	80
4	Azoxistrobina 45%	Nanocristal	200
5	Ciproconazole 43%	Nanocristal	80
6	Azoxistrobina 45%	Nanocristal + HPMC	200
7	Ciproconazole 43%	Nanocristal + HPMC	80
8	Azoxistrobina 20% + Ciproconazole 8%	Comercial	200 - 80
9	Azoxistrobina 20% + Ciproconazole 8%	Nanocristal	200 - 80
10	Azoxistrobina 43% + Ciproconazole 43%	Nanocristal + HPMC	200 - 80

Se estudió el efecto agregado de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) en la formulación (2 g/l). Ensayos en maceta permiten una exploración en el control de la enfermedad, al evaluar gran cantidad de combinaciones de tratamientos. Estos surgen de los mismos productos utilizados en los ensayos a campo, con dosis completa y media dosis, además de probar una aplicación a 7 días después de R2 y dos aplicaciones a 7 días después de R2 y 7 días después. Se utilizaron macetas de 10l con suelo del módulo experimental de General Deheza en proporción 3:1 vermiculita, con aporte extra de 0,5 g de teliosporas de *T. frezii* por maceta (densidad de inóculo de 10.000 esp/g de suelo). Cada unidad experimental es una maceta con una planta de maní, y se realizaron 8 repeticiones por tratamiento. La cuantificación del carbón se realizó determinando la intensidad de la enfermedad, calculada mediante incidencia (porcentaje de cajas afectadas) y severidad según escala de 0-4 (0: vainas sin carbón, 1: una semilla con pequeño soro, 2: una semilla mitad afectada, 3: toda una semilla carbonosa, 4: las dos semillas carbonosas). La eficiencia de control se obtuvo relacionando la intensidad de cada tratamiento con el testigo sin aplicación (Eficiencia de Control = $(1 - (\text{Intensidad Tratamiento} / \text{Intensidad Testigo})) * 100$). La comparación entre tratamientos se llevó a cabo según test de comparación de medias DGC ($p < 0.05$). Para el ensayo en maceta, se realizó un modelo lineal generalizado y mixto donde se incorporó al

año, y a los fungicidas como efecto aleatorio, teniendo en cuenta como criterio de clasificación a dosis y número de aplicaciones particionado por el tipo de formulación, sea comercial, nanocrystal o nanocrystal + HPMC.

Resultados

Para los ensayos en maceta, los fungicidas aplicados tienen efecto sobre la enfermedad, que puede potenciarse o no según sean aplicados en media dosis o dosis completa, con una o dos aplicaciones. Al incorporar a los fungicidas como efecto aleatorio en el análisis, teniendo en cuenta como criterio de clasificación a dosis y número de aplicaciones, particionado por la formulación, observamos que tanto la formulación como nanocrystal y nanocrystal+HPMC mejoran la eficiencia de control comparada a el producto con formulación comercial y que disminuyendo dosis, en dos aplicaciones se logran resultados potencialmente similares. Además, teniendo en cuenta el número de aplicaciones y la dosis aplicada, dos aplicaciones son sensiblemente más efectivas que una sola aplicación, diferenciándose significativamente en las formulaciones con nanotecnología, llegando a eficiencias de control superiores a 60% (Figura 1A).

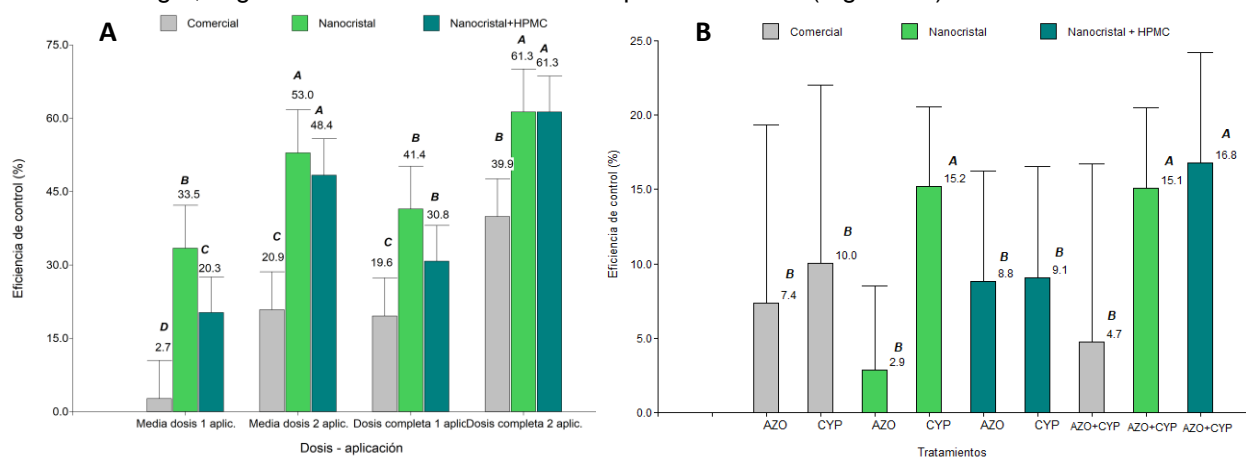


Figura 1. Eficiencia de control del carbón del maní según: **A:** dosis completa, media dosis y una o dos aplicaciones de fungicidas aplicados en macetas en análisis tratamiento como efecto aleatorio, particionado por formulación. **B:** ensayos de campo con fungicidas formulado con nanotecnología para el control del carbón del maní.

Letras diferentes representan diferencias significativas según test de DGC al 5% de significancia.

Para los ensayos de campo (Figura 1B), se observó una diferencia significativa en la formulación nanocrystal (ciproconazole) y para la mezcla azoxistrobina+ciproconazole nanocrystal y nanocrystal+HPMC. Ciproconazole es el fungicida que aplicado con nanotecnología mejora su eficiencia de control. El resultado más alentador fue que hay un significativo aumento en el control cuando se formula con nanotecnología para la mezcla de azoxistrobina+ciproconazole.

Conclusión

El carbón del maní es una enfermedad de difícil control. Teniendo en cuenta la diferencia significativa en el control con la formulación con nanocrystal y nanocrystal+HPMC en los tratamientos de campo, pero más aún en las eficiencias de control de los ensayos en maceta, indicarían una estrategia con alta potencialidad para el control del carbón. La formulación nanocrystal tiene una buena proyección, teniendo en cuenta que algunos tratamientos demostraron altas eficiencias de control incluso con media dosis, en dos aplicaciones, con el beneficio económico y ambiental de reducir los gramos de i.a. aplicados por hectárea.

Patente: Las formulaciones estudiadas se encuentran descritas en la patente de invención "Nanoformulaciones Auto-dispersables para Agroquímicos", aplicación N° 20190103690, 2019, Argentina

Bibliografía

RAGO, A. M., CAZÓN, L. I., PAREDES, J. A., MOLINA, J. P. E., CONFORTO, E. C., BISONARD, E. M., Y ODDINO, C. 2017. Peanut Smut: From an Emerging Disease to an Actual Threat to Argentine Peanut Production. *Plant Disease*, 101(3), 400-408.