



Fotos: Silvana González



AVANCES: BIOESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO VEGETAL COMO COMPLEMENTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO PARA EL CONTROL DE *Pyrenophora teres* f. *teres* EN SEMILLAS DE CEBADA

Ing. Agr. MSc Silvana González

Unidad de semillas

Los bioestimulantes son uno de los elementos que podría aportar luz en el camino de una transición agroecológica de la agricultura extensiva. Este artículo presenta avances en la temática, en una búsqueda por racionalizar el uso de los fungicidas de síntesis para el control de mancha en red en etapas tempranas del cultivo de cebada.

Pyrenophora teres (anamorfo: *Drechslera teres*), agente causal de la mancha en red de la cebada, puede causar reducción del rendimiento y peso de grano en el orden de 33% y 40% respectivamente (Pereyra *et al.*, 2004). Las semillas con el agente patógeno y el rastrojo infectado son las principales fuentes de inóculo inicial para el nuevo cultivo. Es una enfermedad que ocurre temprano en el ciclo del cultivo, y se puede evitar y/o prevenir mediante el análisis sanitario de la semilla y el uso de curasemillas específicos.

El curasemilla tiene por objetivo erradicar al patógeno en las semillas, evitar su transmisión hacia la plántula y disminuir la tasa de progreso de la enfermedad en el cultivo. Consecuentemente, permite evitar la aplicación foliar de fungicidas en etapas tempranas de desarrollo del cultivo y/o mejorar su eficiencia de control. Sin embargo, cuando los fungicidas se aplican a semillas con elevada incidencia del patógeno (>50%), las mejores eficiencias de control fueron 80% y para otros fungicidas este valor fue del 50% (González *et al.*, 2021).

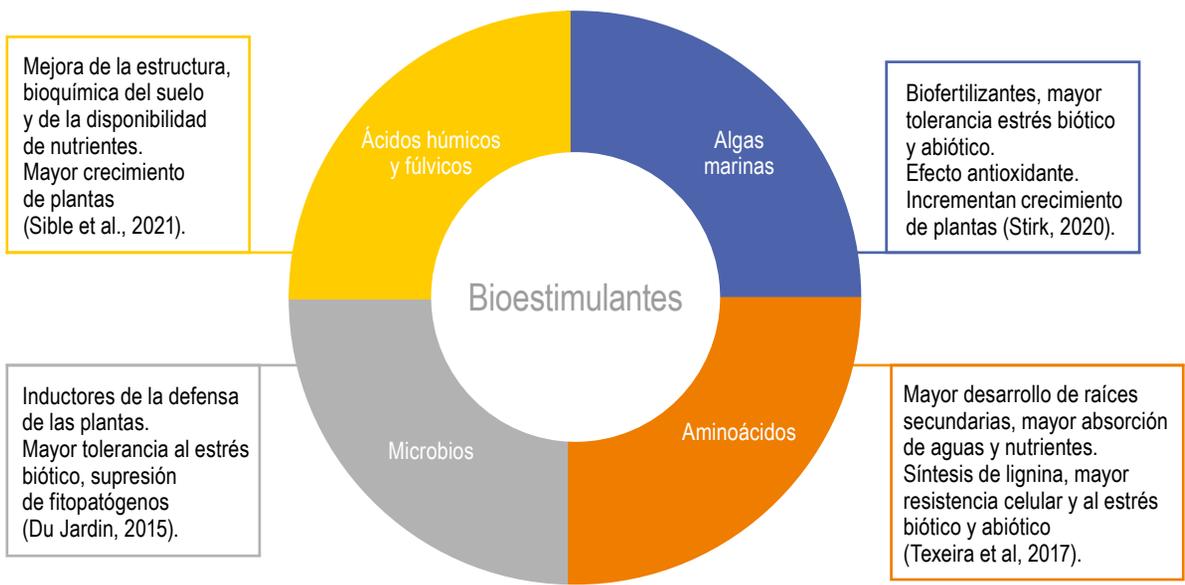


Figura 1 - Composición de algunos bioestimulantes y sus efectos sobre la fisiología de las plantas.

Desarrollar alternativas compatibles con el ambiente para mitigar el empleo de agroquímicos es un desafío para quienes velan por la salud de los cultivos y del sistema de producción en su conjunto.

En el mundo, el uso de bioestimulantes aumentó de 2,6 mil millones de dólares americanos en 2019 a un valor proyectado a 2025 de 4 mil millones de dólares americanos (Sible *et al.*, 2021). Son productos principalmente de origen biológico que mejoran la productividad vegetal como resultado de la sinergia entre sus componentes (Yakhin *et al.*, 2017). Algunos son extractos de algas marinas, ácidos orgánicos, microbios o extractos microbianos, chitosanos, carbón vegetal (biochar), etc. (Figura 1), otros pueden contener micronutrientes que son demandados en pequeñas concentraciones por los vegetales. Dependiendo del producto y del propósito se pueden aplicar al suelo, a las semillas y/o foliar.

Los bioestimulantes, ¿podrían ayudar a racionalizar y/o incrementar la eficiencia de fungicidas de síntesis para

el control de mancha en red en etapas tempranas del cultivo? ¿Cuál fue la respuesta del crecimiento inicial del cultivo de cebada?

EXPERIMENTOS

Los experimentos se instalaron en el campo experimental de INIA La Estanzuela durante los años 2019 y 2020.

Análisis de suelos

En los dos años de evaluación no se realizó fertilización a la siembra (Cuadro 1). Los valores de potencial de mineralización del suelo (PMN) menores a 30 mg indicaron que la chacra tenía baja capacidad de aporte de N. No obstante, el contenido de N-NO₃ fue superior al nivel crítico de 16 ppm necesario para el adecuado desarrollo inicial del cultivo (García, 2008).

Cuadro 1 - Contenido mineral del suelo antes de la siembra de los experimentos (nitrato (N-NO₃), fósforo (P), potencial de mineralización del suelo (PMN), Zinc (Zn).

Año de evaluación	N-NO ₃	Bray	PMN	Zn
	(µg N/g)	(l µg P/g)	(mg/kg N-NH ₄)	(mg/kg)
2019	17,9	24,2	16	—
2020	33,1	28,4	15	1,1

El uso de bioestimulantes ha crecido en los últimos años con el objetivo de potenciar la nutrición de las plantas, conferirles mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico, y ahorrarle a la planta gastos de energía en momentos de estrés que puede destinar para su crecimiento.

Cuadro 2 - Tratamientos y sus respectivas dosis aplicados a las semillas cebada.

Tratamientos	Bioestimulantes	
	Ingredientes activos	Dosis cc./100 kg de semilla
Testigo sin tratar	-	
Testigo con fungicida	-	
Fungicida+A	Zn (0,2%), B (0,02%), Ácidos húmicos y fúlvicos, Zeatina	150
Fungicida+B	15% Humato de Potasio, 4,5% Extracto seco Laminaria japónica, 3% Extracto seco de Aminoácidos	300
Fungicida+C	Delftia acidovorans 1x10 ⁸ inactivadas por calor	300
Fungicida+D	Derivado de lignosulfonato proveniente de la celulosa	80
Fungicida+E	AA (12,8%), Urea (46%), Extracto de algas (3.1%)	200

Bioestimulantes: A, B, C, D, E.

Debido a que uno de los bioestimulantes contuvo Zn, en el experimento de 2020 se midió el micronutriente en el suelo, su valor fue aceptable si lo comparamos con los valores deseables de 0,5-1 mg/L reportados por García (2011).

Tratamientos

Se aplicó el fungicida curasemilla Fluxapirozad 333 g/L +Triticonazole 100 g/L, a la dosis de 75+25 cc/100 kg de semilla combinado con diferentes bioestimulantes del crecimiento vegetal. El fungicida fue seleccionado por su excelente eficiencia de control para mancha en red (González *et al*; 2021). Se utilizaron dos testigos, uno sin tratamiento y otro con el fungicida como único producto (Cuadro 2). En la Figura 2 se presenta información detallada de la conducción de los experimentos.

Determinaciones

En los dos surcos centrales de las parcelas se determinaron la incidencia de mancha en red, peso seco de parte aérea y radicular de las plantas, nitrógeno

en parte aérea, número de hojas y tallos y severidad de la mancha en red (Figuras 3 y 4).

REGISTROS METEOROLÓGICOS

En los dos años de experimentos, durante la mayor parte del año, las precipitaciones fueron por debajo del promedio histórico y las temperaturas medias del aire fueron iguales o mayores al promedio histórico.



Figura 2 - Información de la conducción de los experimentos.

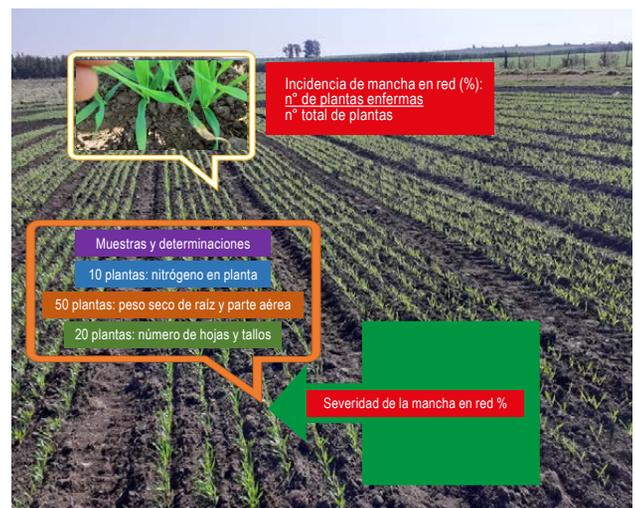


Figura 3 - Determinaciones para cada tratamiento.

Desarrollar alternativas compatibles con el ambiente para mitigar el empleo de agroquímicos es un desafío para quienes velan por la salud de los cultivos y del sistema de producción en su conjunto.



Figura 4 - Muestras antes de ingresar a la estufa de secado para determinar su peso seco.

En el año 2020 las condiciones de crecimiento inicial del cultivo fueron más favorables que en el año 2019, ya que se registraron 46% más de precipitaciones desde la siembra hasta el momento de determinación del crecimiento de las plantas, mientras que las temperaturas fueron similares (Cuadro 3).

CRECIMIENTO INICIAL DEL CULTIVO

En el año 2019 los bioestimulantes “C, D y E” incrementaron ($p < 0,01$) el peso seco promedio de la parte aérea y radicular de las plantas en un 33,4% y 36,6% respectivamente, con respecto al testigo con fungicida. El tratamiento con el bioestimulante “D” fue el que presentó mayor ($p < 0,05$) contenido de nitrógeno foliar (Cuadro 4).

En el año 2020 el tratamiento con el bioestimulante “C” presentó mayor número de hojas que los testigos, el número de tallos, el peso seco aéreo y radicular fueron similares entre tratamientos (Figura 5). La mayor disponibilidad de $N-NO_3$ en el suelo a la siembra en el año 2020 respecto al 2019 y precipitaciones mayores al inicio del crecimiento del cultivo son factores que podrían explicar que el comportamiento de los bioestimulantes dependió del año de evaluación.

CONTROL DE LA MANCHA EN RED

La aplicación del fungicida a las semillas redujo en forma significativa ($p < 0,05$) la incidencia de la mancha en red en el inicio del crecimiento del cultivo con respecto a los testigos sin tratar. Esto redujo la tasa de progreso de la enfermedad y al momento de encañar el cultivo (Zadoks

Cuadro 3 - Temperatura media y precipitación acumulada desde la siembra hasta el momento de determinación del crecimiento de plántulas y a encañazón del cultivo en 2019 y 2020.

Año	Siembra	DC	Z 3.0	T (S-DC)	T(S-Z3.0)	P (S-DC)	P(S-Z3.0)
Fecha				°C		mm	
2019	5 ago.	20 set.	10 oct.	10,7	12	73,3	168,0
2020	6 jun.	1 ago.	1 set.	10,3	11	136,3	174,5

DC: determinación del crecimiento de plántulas 2019 (Zadoks 2.4), 2020 (Zadoks 2.6), Z3.0 (encañazón), T (S-DC) (temperatura media desde la siembra a Zadoks 2.4/Zadoks 2.6), T(S-Z3.0) (temperatura media desde la siembra a encañazón), P (S-DC) (precipitación acumulada desde la siembra a Zadoks 2.4/Zadoks 2.6), P(S-Z3.0) (precipitación acumulada desde la siembra a encañazón).

Cuadro 4 - Peso seco aéreo, peso seco radicular y contenido de nitrógeno de plántulas en el estadio Zadoks 2.4 (tallo principal con cuatro macollos).

Tratamientos	Año 2019		
	Peso seco aéreo	Peso seco radicular	Nitrógeno
	mg/planta		
Testigo sin tratar	273 b	33 b	10 c
Testigo con Fungicida	300 b	30 b	10 bc
Fungicida+A	307 b	30 b	10 bc
Fungicida+B	283 b	30 b	11 bc
Fungicida+C	383 a	40 a	13 ab
Fungicida+D	440 a	43 a	15 a
Fungicida+E	397 a	40 a	12 bc
Significancia	**	**	*

** (significativo al $p \leq 0,001$); * (significativo al $p \leq 0,05$)

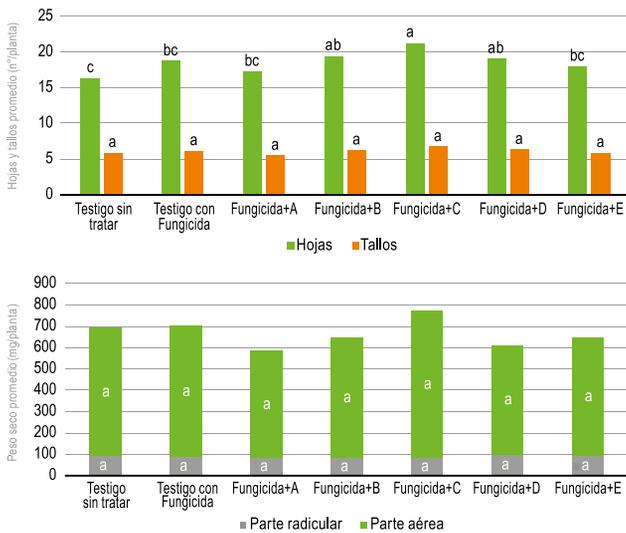


Figura 5 - Número de tallos y hojas en el estadio Zadoks 2.6 (tallo principal y seis macollos) (superior) y peso seco aéreo y peso seco radicular (inferior) de los tratamientos evaluados en el año 2020. Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).

3.0) en los dos años de evaluación, los valores promedios de severidad de la enfermedad fueron inferiores al umbral de daño económico de 4-6%. No hubo efecto adicional del agregado de bioestimulantes al fungicida, sobre el control de la mancha en red (Figura 6).

REFLEXIONES

La eficiencia del fungicida para el control de la mancha en red fue del orden de 80% y no se incrementó por el agregado de bioestimulantes; pero ¿cómo sería el comportamiento de los bioestimulantes aplicados a semillas con menor infección del patógeno, con y sin el fungicida de síntesis y en cultivares con buen comportamiento sanitario, sobre el control de la mancha en red?

Para conocer cuál es su contribución al crecimiento del cultivo, y sobre el control de la mancha en red, deberían ser evaluados en diferentes condiciones edafoclimáticas.

Además de su agregado a las semillas, su aplicación foliar en distintas etapas del desarrollo del cultivo, ¿qué efecto tendría sobre la tasa de progreso de la enfermedad?

Es necesario realizar estudios con un enfoque multidisciplinario para ampliar el conocimiento sobre los efectos de los bioestimulantes en el cultivo de cebada; ¿cómo pueden influir en el crecimiento y desarrollo del cultivo? y ¿cómo combinarlos con las prácticas tradicionales?

Los bioestimulantes son uno de los elementos que podría aportar luz en el camino de una transición agroecológica de la agricultura extensiva. Para ello es necesario definir algunas de las preguntas indicadas en este artículo.

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. Carlos Rossi, Silvia Pereyra y Andrés Quincke por sus contribuciones en las diferentes disciplinas y a los Téc. Agr. Néstor González, Elda Thiebaud y Rafael Clavijo por el apoyo con las tareas experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Sci. Hortic.* 196, 3-14.

García, A. 2012. El Zinc en la producción de maíz de secano. *Revista INIA* 26: 49-52.

González, S. 2021. Eficiencia de control de curasemillas Disponible en: [Caracterización CURASEMILLAS 2021.pdf \(inia.uy\)](https://www.inia.uy).

Pereyra, S; Stewart, S. (2004). Manejo de enfermedades en cebada En: *Jornada Técnica Manejo de cultivos de invierno p 2-12.*

Sible, C.N.; Seebauer, J.R.; Below, F.E. 2021. Plant Biostimulants: A Categorical Review, Their Implications for Row Crop Production, and Relation to Soil Health Indicators. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>.

Stirk, W.A.; Rengasamy, K.R.; Kulkarni, M.G.; van Staden, J. 2020. Plant Biostimulants from Seaweed: An Overview. *Chem. Biol. Plant Biostimulants*, 2, 31-55.

Teixeira, W. F., Dourado Neto, D. (2017). Avaliação do uso de aminoácidos na cultura da soja. Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08062017-165359/>

Yakhin, O.I.; Lubyaynov, A.A.; Yakhin, I.A.; Brown, P.H. 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Front. Plant Sci.* 7, 2049.

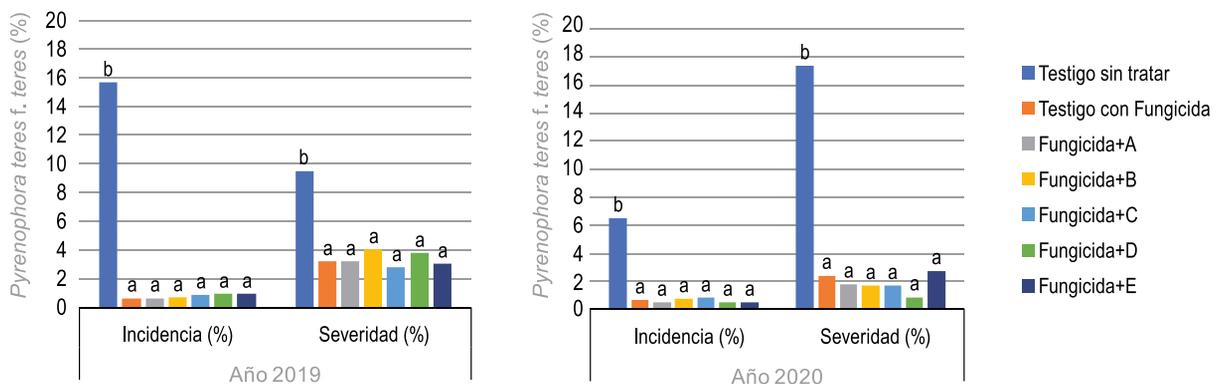


Figura 6 - Incidencia y severidad de la mancha en red en el estadio de tres hojas desplegadas y encañazón, respectivamente, de los tratamientos evaluados en el año 2019 (izquierda) y 2020 (derecha). Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).