

EFFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE TRIGO PAN (*Triticum aestivum* L.) y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)

“Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniera Agrónoma”

Autores:

Lezcano Pereira, Macarena
Mera, María Victoria

Director:

Gallace, María Eugenia - Microbiología Agrícola, Facultad de Agronomía, UNLPam

Codirector:

Dillchneider Loza, Alexandra - INTA EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”

Evaluadores:

Dalmasso Pablo Lucas - Cereales y Oleaginosas / Microbiología Agrícola
Kuhn, Nuria – Terapéutica Vegetal / Agrotecnia



ÍNDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVES.....	3
ABSTRACT.....	4
KEYS WORDS.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
Hipótesis.....	7
Objetivo general:.....	7
Objetivos específicos:.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Tratamientos:.....	9
Ensayo y determinaciones para cumplir con el objetivo A.....	9
Ensayo y determinaciones para cumplir con el objetivo B.....	10
Análisis Estadístico:.....	11
RESULTADOS.....	12
Ensayo en invernáculo.....	13
Ensayo a campo.....	14
DISCUSIÓN.....	19
CONCLUSIONES.....	21
AGRADECIMIENTOS.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23

RESUMEN

Los cultivos de trigo y cebada actualmente presentan importancia productiva, de manejo y en relación a las propiedades físicas del suelo, poniéndolos en foco de estudio. Su crecimiento vegetal está regulado tanto por la disponibilidad de nutrientes, provistos por el suelo y/o por medio de fertilizantes, como también por varios tipos de hormonas que actúan tanto individual como conjuntamente, entre ellas auxinas, giberelinas y citoquininas. Uno de los mayores desafíos de la actualidad es producir mediante procesos que promuevan el desarrollo sustentable y es ahí, donde aparecen los Bioestimulantes, que son utilizados con fines nutricionales, de estimulación vegetal y de protección de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento de semillas con diferentes dosis de bioestimulante en semillas de trigo y cebada, específicamente sobre el peso seco, longitud de las raíces y parte aérea de las plántulas en estadios Z1.1 y Z2.2, tanto en condiciones controladas de invernáculo como en condiciones de campo. En ambas condiciones, el agregado de hormonas y micronutrientes no modificó la longitud de raíces, sino que, su efecto se vio reflejado en la cantidad de raíces producidas, generando una disminución de la relación parte aérea/raíz.

PALABRAS CLAVES

Cereales de invierno, Fitohormonas, Micronutrientes

ABSTRACT

Wheat and barley crops currently present importance in production, management and in relation to the physical properties of the soil, putting them in the focus of study. Its plant growth is regulated both by the availability of nutrients, provided by the soil and/or through fertilizers, as well as by several types of hormones that act both individually and jointly, including auxins, gibberellins and cytokinins. One of the biggest challenges today is to produce through processes that promote sustainable development and that is where Biostimulants appear, which are used for nutritional purposes, plant stimulation and crop protection. The objective of this work was to evaluate the effect of seed treatment with different doses of biostimulant on wheat and barley seeds, specifically on dry weight, root length and aerial part of seedlings in stages Z1.1 and Z2.2., both in controlled greenhouse conditions and in field conditions. In both conditions, the addition of hormones and micronutrients did not modify the length of roots, but rather its effect was reflected in the amount of roots produced, generating a decrease in the aerial/root ratio.

KEYS WORDS

Winter cereals, Phytohormones, Micronutrients

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum L.*), junto con el maíz (*Zea mays L.*) y el arroz (*Oriza sativa L.*), es uno de los cereales que más se cultiva en el mundo. En Occidente, el trigo es el cereal más consumido (Cuniberti, 2019), y en Argentina, ocupa el tercer lugar en toneladas de granos producidas después de la soja [*Glycine max (L.) Merrill*] y del maíz (FAOSTAT, 2018). Además de su importancia productiva, el trigo contribuye a mejorar condiciones físicas de los suelos dada la estructura de su sistema de raíces y su aporte de residuos orgánicos. Esto contribuye favorablemente a parámetros del suelo tales como la fertilidad, la estructura, la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de retención de agua (Wang, *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2018). Por otro lado, el cultivo de cebada (*Hordeum Vulgare*), ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, el maíz y el arroz. Representando las dos terceras partes de los granos forrajeros que demanda el mundo y en su mayoría es destinada a la alimentación del ganado, manteniéndose prácticamente estable el consumo industrial. Este cultivo, además de contribuir a las condiciones físicas del suelo, presenta ventajas frente al trigo por la cosecha que se realiza de 10 a 15 días antes, resultando de vital importancia para la siembra de cultivos de segunda como la soja (SISA; 2023).

Estos cultivos, requieren cantidades de nutrientes que deben ser suministradas de acuerdo a las necesidades de cada especie, por el suelo o por medio de fertilizantes. Los factores de manejo, genéticos y ambientales como: fecha de siembra, agua disponible, variedad de alto potencial, control sanitario y una cosecha precisa y oportuna deben acompañar para no afectar negativamente la expresión de la respuesta a los fertilizantes.

Si bien los suelos de la región pampeana se encuentran bien provistos de otros nutrientes esenciales, como potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), los procesos de intensificación de la agricultura han generado disminuciones en la disponibilidad de macronutrientes y

micronutrientes limitando el rendimiento alcanzable por los cultivos (Klein, 2003; Melgar, 2001; Díaz Zorita *et al.*, 2004; García, 2004; Madruga de Tunes *et al.*, 2015).

El crecimiento vegetal está regulado tanto por la disponibilidad de nutrientes, como también por varios tipos de hormonas que actúan tanto individual como conjuntamente (Woodward y Bartel, 2005). Las auxinas incrementan la extensibilidad de la pared celular, promoviendo de esta manera la elongación celular, el crecimiento de tallos y coleóptiles y diferenciación de tallo y raíces (Salisbury, 1994; Taiz y Zeiger, 2006). También estimulan la elongación radical y la formación de raíces adventicias. Las giberelinas por su parte, promueven la germinación de las semillas a través del estímulo en la producción de hidrolasas, sobre todo la α -amilasa por la capa de aleurona de los granos de cereales. Se ha comprobado que la aplicación exógena de giberelinas inducen el crecimiento del tallo en plantas debido al aumento tanto la división celular como la elongación celular. Además, actúan induciendo la brotación de yemas y la síntesis del ARN mensajero. Las citoquininas son ampliamente conocidas por estimular la división celular, interviniendo tanto en la actividad de los meristemas como en la reparación de tejidos. Asimismo, promueven el crecimiento de yemas axilares y el desarrollo de los cloroplastos (Fancelli, 2023).

En el marco de los desafíos que se enfrentan a nivel mundial en torno al cambio climático, la degradación de recursos naturales y la contaminación ambiental, existe amplio consenso en relación con la necesidad de avanzar hacia procesos productivos que promuevan un desarrollo sustentable. Una alternativa que abarca procesos productivos circulares de reutilización de recursos que permiten reducir la huella de carbono y los impactos ambientales negativos son los bioinsumos. Los bioinsumos son definidos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) de la Nación como productos constituidos por microorganismos (hongos, bacterias, protozoos, virus), macroorganismos (ácaros, artrópodos, nematodos), extractos de

plantas y compuestos derivados de origen biológico o natural, destinados a aplicarse como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética e incluso en el saneamiento ambiental (Starobinsky *et al.* 2021). Los mismos son aplicados con fines nutricionales, de estimulación vegetal y de protección de los cultivos (RESOL-1004-APN-PRES#SENASA). A su vez, los bioinsumos se clasifican en aquellos destinados a la protección vegetal y por otra parte, los destinados a la nutrición, estimulación vegetal, enmiendas, sustratos, protectores y acondicionadores de origen biológico. Los bioestimulantes son definidos como sustancia/s, microorganismo/s o mezclas de los mismos que, cuando se aplican a semillas, plantas, rizosfera, suelo u otros medios de crecimiento mejoran la eficiencia fisiológica, la tolerancia al estrés abiótico, la disponibilidad de nutrientes inmovilizados en el suelo y la rizosfera y/o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes, y no están destinadas al control de enfermedades o insectos (RESOL-2023-1004-APN-PRES#SENASA). En nuestro país, se han hallado incrementos moderados de la producción inicial de biomasa aérea y raíces, así como del rendimiento final de gramíneas, inoculadas con bioestimulantes (Díaz Zorita *et al.* 2004; Ferraris y Faggioli, 2013). No obstante, poco se conoce sobre el efecto del tratamiento directo de las semillas con hormonas vegetales en combinación con micronutrientes.

Hipótesis

El tratamiento de semillas de trigo y cebada con bioestimulantes producirán mayor crecimiento vegetativo y radical inicial.

Objetivo general:

- Evaluar el efecto del tratamiento de semillas con bioestimulantes sobre trigo y cebada.

Objetivos específicos:

Objetivo A: Evaluar el efecto del tratamiento de semillas de trigo y cebada con bioinsumos sobre el peso seco y longitud de las raíces y parte aérea de las plántulas en condiciones controladas de invernáculo.

Objetivo B: Evaluar el efecto del tratamiento de semillas de trigo y cebada con bioinsumos sobre el peso seco y longitud de las raíces y parte aérea de las plántulas en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos:

La variedad de trigo seleccionada fue de ciclo intermedio largo (Buck Destello) y la variedad de cebada cervecera (Scarlett).

Los tratamientos de semillas evaluados fueron:

1. T0: sin bioestimulante
2. T100: con bioestimulante a razón de 100 cc/100 kg de semilla
3. T200: con bioestimulante a razón de 200cc/100kg de semilla

En cuanto al bioestimulante, se utilizó una marca comercial registrada la cual contiene las fitohormonas ácido indol acético, giberelinas y citoquininas. Además, posee los micronutrientes Zinc y Molibdeno, todo sobre un aglutinante de origen vegetal.

Todas las semillas fueron tratadas previamente con fungicidas (tiram 15% + carbendazim 15%), a la dosis recomendada de 200 cc/100 kg de semilla.

Ensayo y determinaciones para cumplir con el objetivo A

Se realizó un ensayo en macetas en el invernáculo de la Facultad de Agronomía, UNLPam en condiciones controladas. La temperatura se mantuvo entre 12 y 22°C y el sustrato fue regado con agua de lluvia con el objetivo de mantener el sustrato húmedo por encima del 50% de la capacidad de campo. La siembra se realizó en macetas de 1000 cm³, rellenas por un sustrato compuesto por 50% de arena y 50% suelo textura franca, previamente humedecido, sembrando 3 semillas tanto de trigo como de cebada por maceta. Una vez emergidas las plántulas se realizó un raleo, dejando una sola por maceta, con el objetivo de no generar competencia a la plántula en estudio. La fecha de siembra fue el 30 de julio de 2019 y la emergencia fue, en promedio, el 26 de agosto. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones.

Las determinaciones realizadas fueron:

1. De manera periódica: desarrollo fenológico según escala de Zadocks et al. 1974.
2. A los 30 días después de emergencia (DDE) para cada repetición se midió:
 - Longitud y peso de la parte aérea (desde el ras del suelo hasta la punta de la última hoja emergida del tallo principal).
 - Longitud y peso de la parte radical (desde el ras del suelo hasta la punta de la raíz extendiéndola).

Ensayo y determinaciones para cumplir con el objetivo B

Se realizó un ensayo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía - UNLPam, ubicado en 36°32 '58.10 "S y 64°18' 11.63"O, a 210 msnm. El sitio está caracterizado por un suelo Haplustol Éntico Petrocálcico de textura franco-arenosa sobre un manto de tosca con una profundidad máxima de 90 cm. La siembra se llevó a cabo el 26 de junio de 2019 con una densidad de siembra de 200 semillas.m⁻², con sembradora experimental de 7 surcos distanciados 0,21 m. El diseño experimental fue en parcelas completamente aleatorizadas, con 4 repeticiones. Cada unidad experimental fue de 8.82 m².

Las determinaciones realizadas fueron:

1. Análisis de suelo: Fósforo extractable método Bray Kurtz 1 en la capa de suelo de 0 a 20 cm de profundidad y nitratos del suelo (de 0 a 60 cm de profundidad).
2. Humedad de suelo a la siembra: por gravimetría en capas de 20 cm hasta el manto calcáreo.
3. De manera periódica: desarrollo fenológico según escala de Zadocks et al. 1974.
4. En Z1.1 y en Z2.2 se midió:
 - Longitud y peso de la parte aérea por planta (desde el ras del suelo hasta la punta de la última hoja emergida del tallo principal).

- Longitud y peso de la parte radical por planta (desde el ras del suelo hasta la punta de la raíz extendiéndola).

Análisis Estadístico:

Los resultados se analizaron aplicando análisis de la varianza. Las comparaciones entre medias de tratamientos se analizaron a través de la prueba de LSD de Fisher. Para estos análisis se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo, 2020).

RESULTADOS

Ensayo en invernáculo

A los 30 días desde la emergencia, el cultivo de trigo presentó significativamente mayor longitud de la parte aérea con la aplicación de T200, pero sin diferencia en la longitud radical. En cuanto al peso aéreo, fue mayor en el testigo sin diferencia con T200, y el peso de la raíz no presentó diferencia (Tabla 2).

Tabla 2: Longitud de la parte aérea (Long PA), longitud de la raíz (Long Raíz), peso seco aéreo (PS Aéreo), peso seco de raíz (PS Raíz), relación parte aérea/raíz para cada tratamiento del cultivo de trigo bajo condiciones de invernáculo.

Tratamiento	Trigo									
	Long PA		Long Raíz		PS Aéreo		PS Raíz		Aérea/Raíz	
	cm		cm		g/planta		g/planta			
Testigo	39.44	A	34.53	A	0.39	B	0.41	B	1.01	A
T100	41.09	A	32.79	A	0.33	A	0.35	AB	1.03	AB
T200	45.17	B	32.06	A	0.35	AB	0.32	A	1.23	B

En cuanto a la cebada, no hubo diferencia en la longitud de la parte aérea y radical, las diferencias se dieron en el peso de las raíces, siendo mayor T200 sin diferencia con T100, como consecuencia disminuye la relación parte aérea/raíz (Tabla 3).

Tabla 3: Longitud de la parte aérea (Long PA), longitud de la raíz (Long Raíz), peso seco aéreo (PS Aéreo), peso seco de raíz (PS Raíz), relación parte aérea/raíz para cada tratamiento del cultivo de cebada bajo condiciones de invernáculo.

Tratamiento	Cebada									
	Long PA		Long Raíz		PS Aéreo		PS Raíz		Aérea/Raíz	
	cm		cm		g/planta		g/planta			
Testigo	42.08	A	38.06	A	0.41	A	0.4	A	1.17	B
T100	42.04	A	34.97	A	0.41	A	0.46	AB	1.05	AB
T200	40.85	A	34.3	A	0.42	A	0.54	B	0.85	A

Ensayo a campo

Al momento de la siembra el suelo presentó 70,8 mm de agua útil hasta el manto calcáreo (11,96% de humedad), 21,8 ppm de nitratos en los 60 cm de perfil de suelo y 5 ppm de fósforo en los primeros 20 cm de profundidad.

Los datos pluviométricos y de temperaturas de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, fueron facilitados por la cátedra de Climatología Agrícola (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1: Registros de temperaturas (°C) mínimas, máximas y medias mensuales del aire en abrigo a 1,5 m, durante el 2019 e históricas (periodo 1977-2017) de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, UNLPam. Mín: temperatura mínima, Máx: temperatura máxima. Med: temperatura media.

Mes	Mín 2019	Hist. Mín	Máx. 2019	Hist. Máx.	Med. 2019	Hist. Med.
Enero	15,9	15,6	30	30,2	22,9	23,3
Febrero	13,6	14,1	30,2	29,2	21,9	22
Marzo	11,2	12,6	26,1	26,1	18,7	19,6
Abril	9,2	8,7	25,6	21,8	17,4	15,4
Mayo	6,8	5,2	18,4	17,5	12,6	11,5
Junio	3,7	2,1	15,5	14,3	9,6	8,2
Julio	0,4	1,5	15,4	13,9	7,9	7,8
Agosto	1,9	2,7	18,1	16,6	10	9,8
Septiembre	5,3	5	21	19,2	13,1	12,4
Octubre	8,5	8,7	23,8	22,3	16,2	15,9
Noviembre	14,1	11,5	29,7	26	21,9	19,2
Diciembre	15,3	14,5	31,2	29,1	23,2	22,1

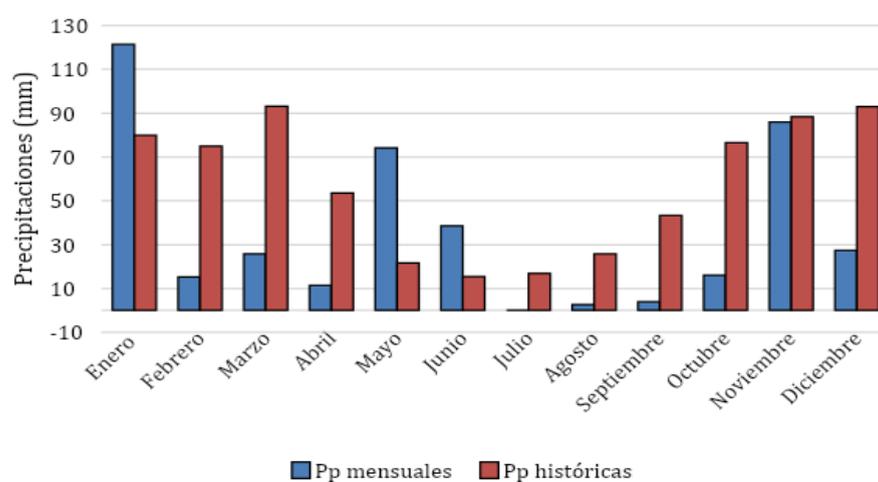


Figura 1: Precipitaciones mensuales durante 2019 e históricas (periodo 1977-2017) de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Como podemos observar en la figura 1, las condiciones de implantación fueron muy buenas pero luego, las precipitaciones ocurridas durante el 2019, se mantuvieron por debajo de los valores históricos.

En el primer muestreo de trigo (Z1.1) no se encontró diferencias significativas en la longitud de la parte aérea ($p=0.5252$), pero sí en la longitud radicular al aplicar tratamiento sobre semillas donde T200 influyó negativamente (Figura 2).

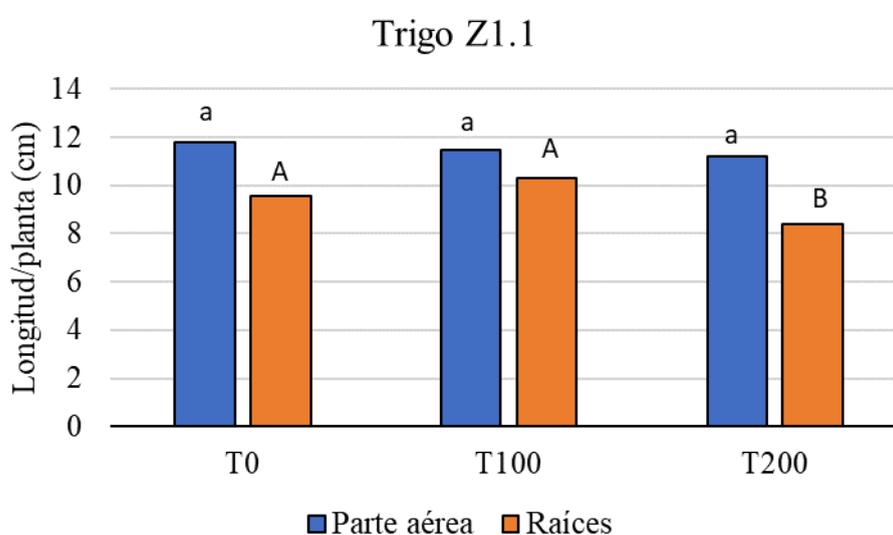


Figura 2: Longitud de la parte aérea y raíces para cada tratamiento en el estadio de primera hoja completamente expandida (comienza a elongarse la segunda hoja) Z1.1 del cultivo de trigo. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

El efecto del agregado del bioestimulante no tuvo respuesta en el peso de la parte aérea mientras que, en el peso seco radicular en estadio Z1.1, si hubo diferencias significativas. (Figura 3).

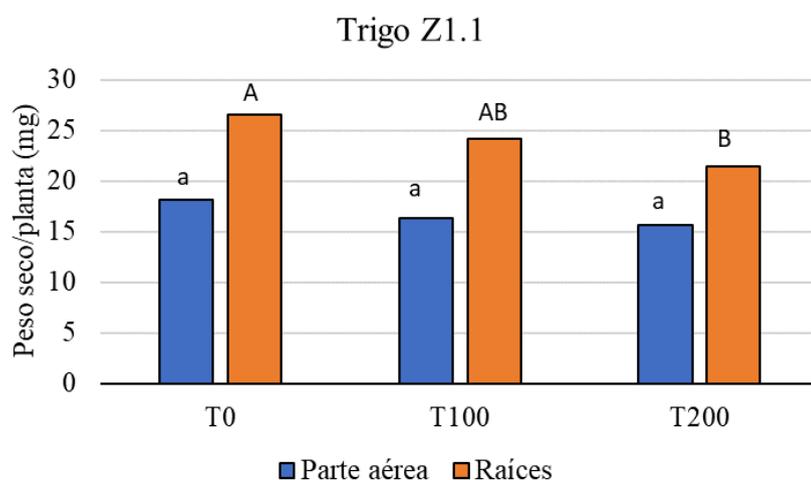


Figura 3: Peso seco aéreo y de raíces para cada tratamiento en el estadio de primera hoja completamente expandida (comienza a elongarse la segunda hoja) Z1.1 del cultivo de trigo. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

En el estadio Z2.1 (un vástago principal con un macollo), no se presentaron diferencias significativas entre la longitud de parte aérea y radicular, y del peso seco aéreo. Las diferencias se observaron en el peso seco de raíz cuando se aplicó T200 (Figuras 4 y 5). De esta manera se produjo la disminución de la relación parte aérea/raíz.

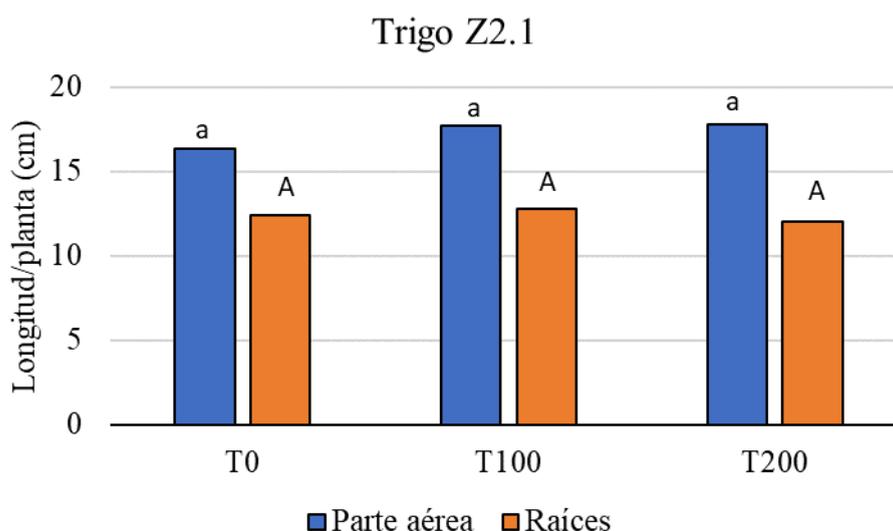


Figura 4: Longitud de la parte aérea y raíces para cada tratamiento en el estadio de inicio de macollaje (Z2.1) del cultivo de trigo. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

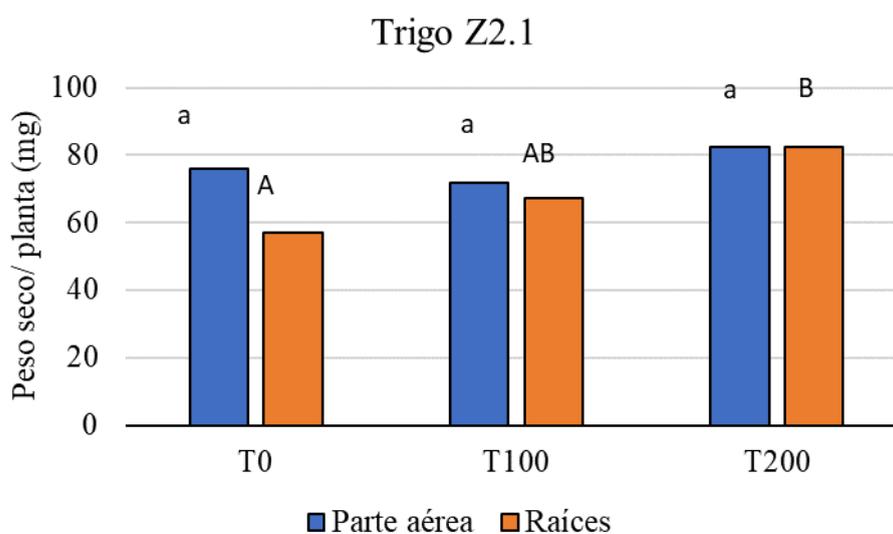


Figura 5: Peso seco aéreo y de raíces para cada tratamiento en el estadio de inicio de macollaje (Z2.1) del cultivo de trigo. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

La aplicación del tratamiento de semillas con bioestimulantes para el cultivo de cebada en el estadio Z1.1 no produjo cambios evidentes en la longitud de las raíces y de la parte aérea (Figura 6). Se observó un aumento del peso seco aéreo del 8% y del 49% de raíces con T200 respecto a T0 con diferencias significativas. (Figura 7).

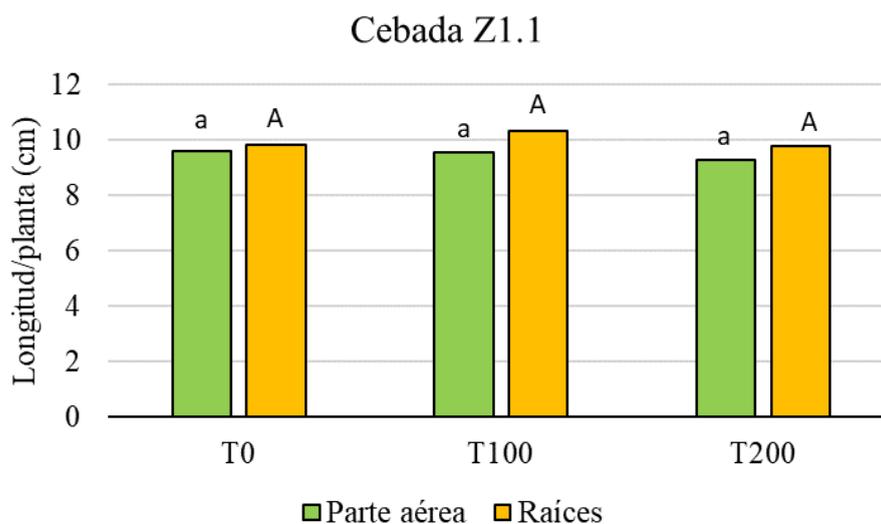


Figura 6: Longitud de la parte aérea y raíces para cada tratamiento en el estadio Z1.1 del cultivo de cebada. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

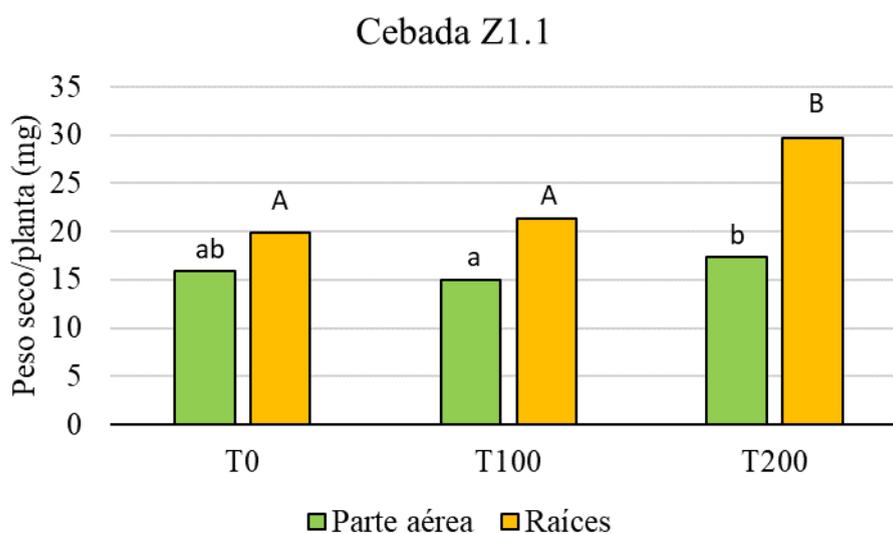


Figura 7: Peso seco aéreo y de raíces para cada tratamiento en el estadio Z1.1 del cultivo de cebada. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

En estado de inicio de macollaje (Z2.1), la longitud de las raíces de cebada fue superior con T100 respecto del testigo, sin diferencia significativa con T200 (figura 8).

Por otra parte, la aplicación de bioestimulantes indujo un aumento del peso seco aéreo, siendo un 46,8 y 30,5% mayor en T100 y T200 respectivamente, que el T0; en el caso del peso seco de raíces los tratamientos T100 y T200 también tuvieron respuestas del 51 y 10% respectivamente, superiores al control con diferencias significativas (figura 9).

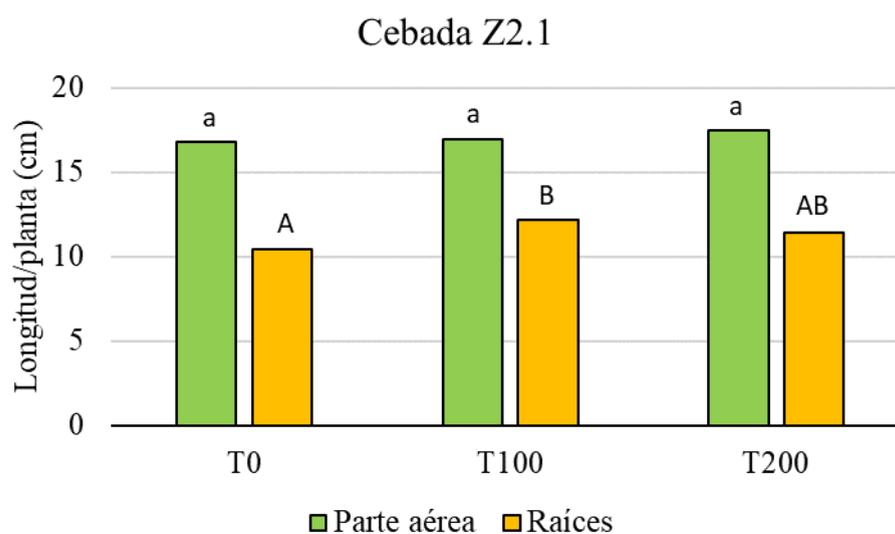


Figura 8: Longitud de la parte aérea y raíces para cada tratamiento en el estadio Z2.1 del cultivo de cebada. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

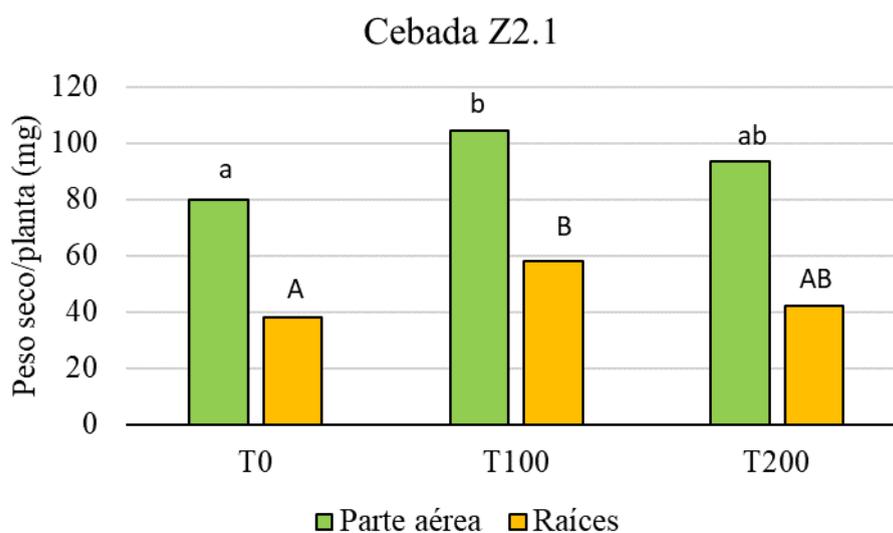


Figura 9: Peso seco aéreo y de raíces para cada tratamiento en el estadio Z2.1 del cultivo de cebada. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para parte aérea. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para raíces.

DISCUSIÓN

Nuestro trabajo evidenció que el tratamiento de semillas mejora el crecimiento inicial de trigo y cebada. La respuesta a los bioestimulantes se evidenció tanto en condiciones controladas como en condiciones a campo principalmente a nivel radicular. Estos resultados son consistentes con los reportados por Costa Luraschi (2017) donde se produjo un aumento en producción de materia seca en estadio de plántula cuando semillas de trigo fueron tratadas con micronutrientes y fitohormonas. Por otra parte, Ciampitti *et al.*, 2006 informan que la aplicación de este tipo de tratamientos a la semilla con micronutrientes como el zinc, optimiza la nutrición de las plantas en la etapa inicial de crecimiento donde el sistema radicular está poco desarrollado y por lo cual la absorción de los nutrientes del suelo se ve limitada. Tavares *et al.*, 2013 comprobaron después de la emergencia una mayor área foliar, altura de planta y peso seco de la parte aérea luego de los 30 DDE con tratamiento de semillas con zinc, boro y molibdeno, pero sin agregado de hormonas. En el trabajo presentado por Barbieri *et al* 2021, no encontraron una mejora en la aplicación de micronutrientes sobre el índice de verdor, la materia seca y el N acumulado durante diferentes estadios del ciclo de crecimiento del cultivo de trigo ni el contenido de proteína de los granos, lo que atribuyen a que las disponibilidades de estos micronutrientes en suelo estaban por encima de los umbrales requeridos, lo que pudo haber disminuido la probabilidad de respuesta.

Durante la realización del estudio a campo, las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron de 175 mm, por debajo de las precipitaciones históricas de la región, por lo cual aplicar tratamientos de semillas combinando hormonas y microelementos podría utilizarse como una herramienta para mejorar la implantación y ayudar a las plantas a superar condiciones de estrés. Se atribuyen que las fitohormonas (ácido abscísico, etileno y el jasmonato), participan en la regulación de las respuestas protectoras bajo diversas condiciones de estrés abiótico y

biótico en el cultivo de cereales de invierno donde puntualizan que la aplicación exógena de fitohormonas, especialmente ácido salicílico, ayuda al cultivo de trigo a hacer frente al estrés abiótico (Asif *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, tanto en el ensayo a campo como en el realizado en invernáculo, el agregado de hormonas y micronutrientes no modifica la longitud de raíces, sino que su efecto, está dado en la cantidad de raíces producidas, generando una disminución de la relación parte aérea/raíz. De esta manera, se podría inferir que aumentaría la absorción de nutrientes debido a una mayor superficie de contacto de las raíces con la solución del suelo. No obstante, son necesarios más estudios que evalúen el efecto combinado de micronutrientes y fitohormonas evaluando todo el ciclo del cultivo de trigo y cebada.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa por nuestra experiencia educativa, donde no solo nos han proporcionado una educación de calidad, sino también nos ha inculcado valores de dedicación, perseverancia y compromiso.

En particular a Eugenia, Alexandra y Nuria, quienes fueron un pilar fundamental para este proyecto. Queremos expresar nuestra gratitud hacia ellas, cuya colaboración y aportes han sido invaluable. Sus experiencias y opiniones han enriquecido a este trabajo y han contribuido significativamente a su calidad.

Un profundo agradecimiento a nuestro gran apoyo constante, la familia. Y por supuesto a nuestros amigos y compañeros de estudio, quienes han estado siempre a nuestro lado, compartiendo día a día esta carrera elegida, tanto en los triunfos como en los tropezones, por sus palabras de aliento y momentos que tornaron muchísimo más llevadera esta etapa de nuestras vidas, lejos de nuestras familias, llena de enseñanzas y alegrías.

BIBLIOGRAFÍA

- Asif, M., Jamil, H.M.A., Hayat, M.T., Mahmood, Q., Ali, S. (2019). Use of Phytohormones to Improve Abiotic Stress Tolerance in Wheat. In: Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Hossain, M. (eds) Wheat Production in Changing Environments. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6883-7_18
- Ciampitti I. A., Micucci F. G., Fontanetto H. y García F. O. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos Fitotóxicos. INPOFOS Cono sur INTA EEA Rafaela 10: 8.
- Costa Luraschi N.A. 2017. Efecto del tratamiento a la semilla sobre el comportamiento agronómico en trigo (*Triticum aestivum* L.). En trabajo final de graduación. Facultad de Ciencias Agrarias UNC.
- Cuniberti, M. (2019). Producción de trigo en Argentina y el mundo. En A. E. León, G. Pérez y P Ribotta (Eds.). Trigo: un cereal único (21- 52). Villa María, Argentina: Eduvim.
- Díaz-Zorita, M, G A Duarte, M Barraco, 2004, Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy Pampas region, Argentina: Agronomy Journal, v. 96, p. 839-844.
- Fancelli, A.L. 2023. Aplicaciones y perspectivas del uso de Bioestimulantes y Biorreguladores en agricultura. Simposio de fertilidad 2023.
- FAOSTAT (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, División de Estadística, Comparar datos. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>

- Ferraris, G y Faggioli, V., (2013). Inoculación con microorganismos con efecto promotor de crecimiento. Conocimientos actuales y experiencias realizadas en la Región Pampeana Argentina. INTA, Marcos Juárez.
- García, F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, I. Ciampitti, A. Correndo, F. Bauschen, A. Berardo y N. Reussi Calvo. 2010. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros diez años 2000-2009. AACREA. 64 pp. ISBN 978-987-1513-07-9.
- Grasso, A. A. y Díaz-Zorita, M. (2018). Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización. https://www.fertilizar.org.ar/subida/BMPN/BPMN_Fertilizar102018.pdf
- Klein, R. 2003. Experiencias en fertilización balanceada de trigo/soja en Alberti (Buenos Aires). Informaciones Agronómicas del Cono Sur 17:1-6.
- Madruga de-Tunes, L.; Brião Muniz, M. F.; Torales-Salinas, J. C.; Suárez Castellanos, C. I.; Souza-Lemes, E. 2015. Respuesta de plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.) al zinc aplicado en semillas. Agrociencia, vol. 49, núm. 6, pp. 623-636.
- Melgar, R, Magen, H, Camozzi, ME y Lavandera J. 2001. Respuesta del trigo a la aplicación de cloruro de potasio en molisoles con alto contenido de potasio. Actas I Simposio El potasio en los sistemas agrícolas argentinos - FAUBA-IPI-Fertilizar INTA.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1994. Plant Physiology. Wadsworth Publishing. p.759.
- Sistema de información simplificado agrícola. 2023. INASE. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_cebada_22_23.pdf.
- Starobinsky, G., Monzón, J., Di Marzo Broggi, E. y Braude, E. 2021. Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo. Capacidades

existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina. Documentos de Trabajo del CCE N° 17. Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

- Tavares, L. C., Rufno, C. A., Brunes, A. P., Friedrich, F. F., Barros, A. C. S. A., & Villela, F. A. (2013). Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. *Journal of Seed Science*, 35(1), 28-34-34. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000100004>
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) Auxin: The Growth Hormone. In: *Plant Physiology*, 4th Edition, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 467-504.
- Wang, D., Fonte, S. J., Parikh, S. J., Six, J. y Scow, K. M. (2017). Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates. *Geoderma*, 303, 110-117. doi: 10.1016/j. geoderma.2017.05.027.
- Woodward, A. & B. Bartel. 2005. Auxin: Regulation, Action and Interaction. *Annals of Botany* 95: 707-735.
- Zhao, H., Shar, A. G., Li, S., Chen, Y., Shi, J., Zhang, X., y Tian, X. (2018). Effect of straw return mode on soil aggregation and aggregate carbon content in an annual maize-wheat double cropping system. *Soil and Tillage Research*, 175, 178-186. doi: 10.1016/j. still.2017.09.012.