



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Trabajo final de graduación para optar por el título de:

Ingeniera Agrónoma

Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante
en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Autora: Lucia Emiliozzi

Tutora: Ing. Agr. María del Rosario Iturralde Elortegui

Fecha: 22/12/2020

Nota: 10 (diez)

RESUMEN

El trigo es uno de los cereales más relevantes a nivel mundial en cuanto a producción y uso para la alimentación. En nuestro país es el cultivo de invierno de mayor importancia. La disponibilidad de agua es un factor limitante para la producción de trigo en secano, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés. La aplicación de bioestimulantes en semillas tiene como finalidad aumentar el vigor de las mismas y colaborar en los primeros estadios al crecimiento de raíces, permitiendo así una mayor respuesta a estrés hídrico. El objetivo de éste trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del bioestimulante para tratamiento de semillas Fertiactyl gramíneas en plantas jóvenes de trigo en condiciones de capacidad de campo y de déficit hídrico. El ensayo se realizó en un invernáculo en la localidad de Olavarría. Los tratamientos que se aplicaron en las plantas fueron de la combinación de los factores, uso de bioestimulante en semilla (B0: inoculadas con agua pura y B1: inoculadas con una solución del 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas) y condición hídrica de crecimiento (A0: se dejaron de regar gradualmente hasta llegar a 20% de capacidad de campo aproximadamente y A1: riego controlado manteniendo el contenido de humedad superior al 80% de capacidad de campo). Las variables estudiadas fueron producción biomasa, número de hojas y macollos, longitud de órganos aéreos, área foliar, longitud total y diámetro medio radical. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. En el presente experimento se observaron en las plantas de trigo características típicas de aclimatación a la falta de agua como la reducción en la producción de área foliar y el incremento de la longitud de raíces en las plantas estresadas. El efecto del uso de bioestimulante de semilla se observó en la producción y crecimiento diferencial de biomasa radical.

Palabras clave:

trigo, bioestimulante, estrés hídrico, implantación

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
Palabras clave:	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
Agradecimientos	7
INTRODUCCIÓN	8
Contexto general	8
Características de la especie bajo estudio	9
Características del estrés por déficit hídrico	9
Uso de bioestimulantes en semilla	10
Hipótesis.....	12
Hipótesis 1	12
Hipótesis 2	12
Hipótesis 3	12
Objetivos	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Conducción de los experimentos	13
Condiciones ambientales	13
Determinaciones no destructivas.....	14
Altura de la planta, longitud del pseudotallo y de la lámina verde de la hoja más joven completamente expandida	14
Número de macollos y número de hojas vivas.....	14
Determinaciones destructivas.....	15
Biomasa total y por compartimento	15
Área foliar	15

Longitud radical	15
Diseño experimental y análisis estadístico.....	15
RESULTADOS y DISCUSIÓN	16
Determinaciones no destructivas.....	16
Altura de la planta, longitud del pseudotallo y de la lámina de la hoja más joven completamente expandida	16
3.2.2. Número de macollos y número de hojas vivas.....	17
Determinaciones destructivas.....	17
Biomasa total y por compartimento	17
Área foliar, longitud radical y diámetro medio de raíces	19
CONCLUSIONES.....	21
BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXOS	26
CARTILLA Timac	26
Características trigo SMRNogal	28
Fotos del Experimento	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Poder germinativo y vigor (expresados en porcentaje, %) de semillas de trigo SMRNogal.....	13
Tabla 2. Combinación de tratamientos.....	13
Tabla 3. Altura de la planta, longitud del pseudotallo y longitud de lámina de plantas de trigo expuesta a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semilla sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores expresados en cm representan promedios $\pm$ error estándar de 10 replicas.....	16
Tabla 4. Número de macollos y Número de hojas vivas de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas.	17
Tabla 5. Producción de biomasa total, lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas	

inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas..... 18

Tabla 6. Diferencia significativas de proporción de lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). 19

Tabla 7. Largo total de raíces (LTR), diámetro medio (DM) y área foliar (AF) de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas..... 20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subregiones trigueras Argentina (Fuente: Molfese, 2016).....8

Figura 2. Evolución del porcentaje de humedad respecto del 100% de capacidad de campo (%hum CC) durante los 18 días de tratamiento. Marcadores transparentes indican condición hídrica de crecimiento con estrés (A0) y negros sin estrés (A1). Círculos indican semillas sin inocular (B0) y triángulos uso de bioestimulante en tratamiento de semilla (B1). 14

Figura 3. Proporción de lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas. 19

AGRADECIMIENTOS

A Rosario Iturralde, por acompañarme en este proceso y haberme dudado su apoyo personal y orientación para realizarlo.

A Rosario Etcheverry, por haberme contactado con la empresa para poder obtener el producto y brindarme su apoyo personal en la realización del trabajo.

A TIMAC AGRO, por el aporte del bioestimulante.

A la Escuela Agraria N°1 de la ciudad de Olavarría, a los alumno y al profesor Rodrigo Mariano por haber colaborado y brindarme las instalaciones.

A la Cooperativa Agropecuaria por el aporte de las semillas.

A Julia Martinefsky, por haber colaborado en los ensayos y brindarme sus conocimientos para realizarlo.

A INTA Olavarría, por haber brindado sus instalaciones y haberme brindado su apoyo en este proceso.

A E.E.A. INTA Balcarce, en especial al Laboratorio de pastura por las instalaciones e instrumental.

A mis padres, Alicita y Carlitos. Mis hermanos Titi, Groty y Pico, mi tío José, por el acompañamiento incondicional en todo el proceso.

A mis amigas, en especial a Flor, Fran, Valen, Emi y Manu, mi novio, por apoyo de todos estos años.

INTRODUCCIÓN

Contexto general

El trigo (*Triticum aestivum*) es uno de los cereales más producidos y su grano es comercializado en todo el mundo para consumo humano y animal (Battistus y otros, 2013). Actualmente el mayor productor del grano es Rusia con 63 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos, Canadá, Europa y Argentina. En Argentina es el cultivo de invierno de mayor importancia, con un área sembrada promedio de 6,2 MHa en todo el territorio (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca- Argentina). El 94% de la producción anual de trigo se exporta, siendo el principal destino Brasil, lo demás se consume en mercado interno ya sea para panificados o elaboración de harina (Bolsa de Cereales de Buenos Aires). En las últimas tres campañas de trigo se obtuvieron a nivel nacional en promedio 18,52 MTn, con un pico de 19 MTn en la campaña 2018/19. El rendimiento promedio fue de 30,8 qq/ha, alcanzó un record en la campaña 2017/18 de 32 qq/ha (Bolsa de Cereales de Buenos Aires). Argentina está dividida en nueve subregiones trigueras que comprenden desde NOA y NEA hasta el Sur de la Provincia de Buenos Aires siendo la zona más productiva el Sudoeste de Buenos Aires, siguiendo Córdoba y luego Santa Fe (Molfese, 2016).

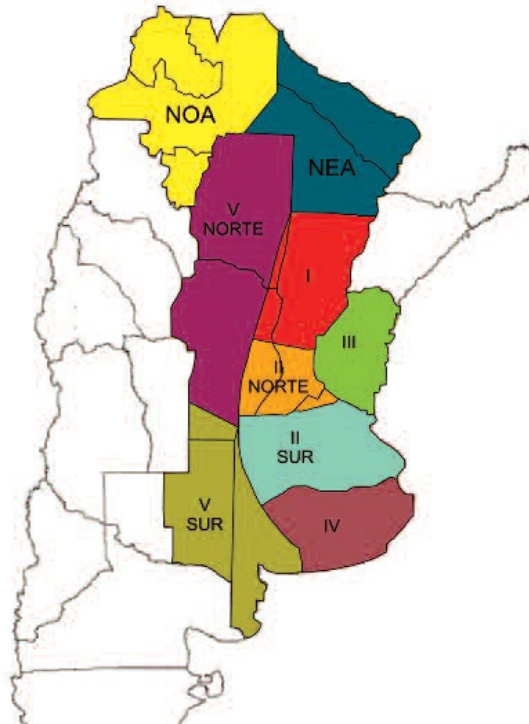


Figura 1. Subregiones trigueras Argentina (Fuente: Molfese, 2016)

La fecha de siembra para cada subregión depende principalmente de la fecha de última helada, ya que es necesario escapar de la misma en época de floración, también es necesario tener en cuenta la humedad del suelo al momento de sembrar esto es debido a que el trigo necesita de 35-40% de su peso sea absorbido en agua para poder germinar y una temperatura óptima de 25°C y una temperatura base de 0°C. La etapa de siembra y emergencia son de gran importancia en todos los cultivos ya que determinan la cantidad de plantas logradas por hectáreas. Teniendo en cuenta que las condiciones de siembra del trigo

dependen mucho del clima y este va cambiando cada día más rápido, es necesario tomar alguna medida para poder salvar estos cambios repentinos (Abbate, 2005).

Características de la especie bajo estudio

El trigo pan (*Triticum aestivum*) pertenece a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae y al género *Triticum*. Se diferencia de especies del mismo género por el número de cromosomas que posee: *Triticum monococcum* con 14 cromosomas, *Triticum durum* con 28 cromosomas y *Triticum aestivum* con 42 cromosomas (Popper y otros, 2006; Scheuer y otros, 2011). Se distinguen diferentes variedades de *Triticum aestivum* según la altura de las plantas, productividad, contenido del endosperma, proporción de proteínas en el harina, calidad proteica, resistencia a diversas enfermedades, adaptabilidad a suelos ácidos, requisitos climatológicos, etc. La relación entre diversos factores ambientales y diferentes genotipos, afecta las propiedades funcionales y, principalmente, en calidad del procesamiento del trigo, como la molienda y preparación de productos (Georget y otros, 2005; Carcea y otros, 2006), más específicamente con respecto a variación en el grado de elasticidad del gluten, que afecta en gran medida la fermentación de los panes (Scheuer y otros, 2011). Estructuralmente, el grano de trigo es un cariósipide, tiene una sola semilla. El mismo se compone de pericarpio (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) y germen (2.8 a 3.5%) (Scheuer y otros, 2011). El pericarpio es rico en fibra y sales minerales (Atwell, 2001). Constituye la capa más externa y protector del grano (Popper y otros, 2006). El endospermo consta de una matriz proteica, en la que una gran cantidad de gránulos de almidón, es decir, el endospermo constituye harina de trigo blanco propiamente dicha (Scheuer y otros, 2011). Por último el germen, que constituye del 2 al 3% del peso del grano, la parte planta embrionaria, donde hay una gran parte de lípidos y compuestos fundamentales germinación del grano (Scheuer y otros, 2011).

El trigo es un cereal que se siembra en otoño-invierno y se cosecha en primavera - verano, la duración del ciclo es de aproximadamente 130 - 210 días dependiendo de la zona en la cual se produzca. Gran parte del trigo del mundo se cultiva en zonas marginales. Zonas agroclimáticas, donde el rendimiento suele verse afectado por sequía o humedad excesiva (Briggle y Curtis, 1987; Mian y otros, 1993).

Características del estrés por déficit hídrico

La sequía es uno de los factores más importantes que limitan la producción en la agricultura (Araus, 2002). Durante períodos de déficit hídrico el contenido relativo de agua y el potencial agua de las plantas disminuyen, lo que genera una disminución significativa en la fijación fotosintética de CO₂. La reducción de la tasa neta de asimilación de CO₂ se debe principalmente al cierre estomático, que es la forma más eficiente para reducir la pérdida de agua (Cornic, 2000; Molnar, 2004). El déficit hídrico afecta negativamente el crecimiento de tallos y raíces (Blum y otros, 1997; Frensch 1997; Munns 2002; Passioura 1988; Cone y otros, 1995), generando pérdidas sustanciales de rendimiento (Molnar y otros, 2004).

Si bien el agua es uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas, muchas especies han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit (Moreno, 2009). Uno de las respuestas más comunes es la disminución en la expansión foliar, lo que perjudica la fotosíntesis de las plantas, pero mejora la adaptación a la poca disponibilidad de agua. También la altura de las plantas tiene importantes consideraciones prácticas para muchos productores de trigo y para los fitomejoradores que desarrollan cultivares para satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, los cultivares de trigo alto pueden adaptarse mejor a ambientes más secos debido a una mejor emergencia de plántulas y

facilidad de cosecha (Weiss y otros, 2009). Otro proceso que también se modifica es el crecimiento radicular. La raíz continúa su desarrollo mientras que la parte aérea deja de crecer por causa del estrés. Así, las plantas son capaces de continuar el desarrollo de sus raíces en búsqueda de agua en zonas más profundas del suelo (Shao y otros, 2008). Como consecuencia de lo anteriormente mencionado la disponibilidad de agua afecta la relación entre el crecimiento de la parte aérea y la raíz.

La disponibilidad de agua es un factor limitante importante para la producción de trigo en sistemas agrícolas de secano en todo el mundo (Tomar y otros, 2016). Los cultivares de trigo difieren en su tolerancia a la sequía, y un mecanismo que puede contribuir a estas diferencias es el desarrollo de un sistema de raíces extenso y más profundo (Todd y Webster, 1965; Mian y otros, 1993). El sistema de raíces es una parte importante de la arquitectura de la planta que participa en la búsqueda de agua y nutrientes disponibles en la rizófora. El vigoroso crecimiento temprano de las raíces en la etapa de plántula juega un papel importante en la adquisición eficiente de agua y nutrientes en trigo durante el establecimiento del cultivo (Ibrahim y otros, 2012).

Uso de bioestimulantes en semilla

Los biorreguladores están compuestos por elementos sintéticos que pueden ser aplicados directamente en las semillas o en las plantas, realizando las mismas funciones hormonales producidas por las mismas, con el objetivo de mejorar la producción y sanidad vegetal (Castro y otros, 2001; Santos, 2017). Diferentes reguladores influyen en el metabolismo de las proteínas, aumentando la síntesis de enzimas presentes en la germinación, enraizamiento, floración, fructificación y senescencia de plantas (Moterle y otros, 2011; Santos, 2017). Al combinar biorreguladores de diferentes composiciones, obtenemos los denominados bioestimulantes. Un bioestimulante se define como un material orgánico y/o microorganismos que se aplica para mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento, mejorar la tolerancia al estrés o la calidad del cultivo. Pueden contribuir a hacer que la agricultura sea más sostenible ya que ayudan a la captación de nutrientes o contribuyen beneficiosamente al crecimiento o resistencia al estrés. (Van Oosten, 2017).

Los beneficios que aporta el uso de bioestimulantes en la implantación de un cultivo están relacionados con la mayor velocidad de germinación, el mayor número de plantas logradas y la rápida cobertura del suelo, entre otros. También genera mejoras en el desarrollo del cultivo: mayor tolerancia a la sequía, anegamiento, suelos fríos, altas temperaturas, mayor crecimiento del sistema radicular de la planta, mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes durante todo el ciclo.

Estas sustancias naturales o sintéticas pueden ser aplicadas directamente a las plantas (hojas, frutos y semillas), promoviendo cambios en los procesos vitales y estructurales, con el fin de incrementar la producción, mejorar la calidad y facilitar la recolección. A través de estas sustancias, se puede obtener interferencia en procesos fisiológicos, tales como: germinación de semillas, vigor inicial de plántula, crecimiento y desarrollo de raíces y hojas, y producción de compuestos orgánicos (Viera y otros, 2004; Santos, 2017).

Fertiactyl Gramineas, es un bioestimulante utilizado en tratamientos de semilla para gramíneas, especialmente indicado para superar condiciones adversas de estrés hídrico durante la implantación, pero con importantes beneficios bajo cualquier condición, debido a un gran estímulo generado sobre el desarrollo del sistema radicular de las plantas (Anexo I). El mismo está compuesto por un complejo anti estrés, principalmente glicina y betaína, un

complejo hormonal (auxinas, giberelinas y citoquinas), micronutrientes (Zinc y Boro) y ácidos húmicos y flúvicos.

Los aminoácidos glicina y betaína son considerados un complejo antiestrés debido a su potente efecto de osmoregulación celular que protege a la semilla y plántula ante condiciones de déficit o excesos hídricos (sequía y anegamiento), salinidad y condiciones terminales adversas (suelos fríos o con muy altas temperaturas), (Anexo I).

El complejo hormonal compuesto por auxinas, giberelinas y citoquina. Las auxinas direccionan en la planta los nutrientes hacia los puntos de crecimientos, activando la división celular. Esta se encuentra especialmente en el ápice de los tallos, en las yemas axilares, meristemas de raíces, semillas en germinación, hojas y frutos nuevos (2011; Santos, 2017). La auxina se produce a través del aminoácido triptófano que también es influenciado por el contenido de zinc en la planta, por lo que las auxinas absorbidas son translocadas a los tejidos en crecimiento que están en diferenciación celular. Las auxinas influyen prácticamente en todas las etapas del ciclo productivo vida vegetal, la morfología de una planta depende del movimiento dirigido a través del sistema de transporte polar (ocupa energía; región apical a la base del tallo), manteniendo la polaridad tallo-raíz (Santos, 2017). Las giberelinas junto al potasio son las responsables de ejecutar el agrandamiento celular. A nivel de semilla estas hormonas estimulan las enzimas alfa-amilasas que se encarga de degradación del almidón, que estimula el crecimiento del tallo (Floss, 2011; Santos, 2017) y proteasas encargadas de activar los procesos de germinación que “despiertan” a la semilla (Anexo I). Por último, la citoquina es la hormona producida en los ápices radiculares que señala la división celular y por lo tanto el crecimiento general de la planta, siendo imprescindible para activar tanto el desarrollo radicular como vegetativo (Anexo I). También están presentes en tejidos que tienen células en división celular, son más expresivas durante la primera fase de germinación (crecimiento de la planta), promover la expansión celular, actuar en el desarrollo de órganos, que promueven el aumento de clorofilas y ayudan en la síntesis de proteínas (Floss, 2011; Santos, 2017), actúa como regulador del crecimiento aumenta la producción fotosintética, ralentiza la senescencia y aumenta la productividad de granos (Taiz y Zeiger, 2013; Santos, 2017).

Otro componente del Fertactyl gramíneas son los microminerales Zinc y Boro. El Zinc forma parte del triptófano, el mismo es precursor de la auxina, por lo que colabora en la producción endógena de esta hormona por parte de la planta. Mientras que el Boro evita el incremento de la actividad de las AIA oxidasas, manteniendo así un nivel adecuado de auxinas. El zinc también ayuda en diferentes ciclos biogeoquímicos de las plantas, utilizado en síntesis de clorofila, actuando también en la composición efecto estructural de varias enzimas (Floss, 2011; Santos, 2017).

Los ácidos húmicos y flúvicos cumplen un rol fundamental como activadores de la vida microbiana del suelo, responsables entre otras cosas de mineralizar la materia orgánica para que libere nutrientes, suministran hormonas a la raíz para su desarrollo y aumentan la disponibilidad de varios micronutrientes. **LOS** compuestos húmicos de la materia orgánica del suelo mejoran las propiedades químicas, físicas y especialmente de las propiedades en la región de contacto de la raíz con el suelo denominada rizosfera (Santos, 2017).

HIPÓTESIS

En base a los antecedentes mencionados, se plantean las siguientes hipótesis y objetivos:

Hipótesis 1

La tolerancia de plantas jóvenes de *Triticum aestivum* al déficit hídrico está asociada a un aumento en la longitud radical y a una disminución en el área foliar.

Hipótesis 2

Plantas jóvenes de *Triticum aestivum* en las que se aplica Fertiactyl gramíneas como tratamiento de semilla tendrán mejor crecimiento y desarrollo, de raíces promovido por los componentes del bioestimulante utilizado.

Hipótesis 3

La tolerancia de plantas de jóvenes de *Triticum aestivum* a las condiciones de déficit hídrico será mayor cuando se aplique Fertiactyl gramíneas como tratamiento de semilla.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación del bioestimulante para tratamiento de semillas Fertiactyl gramíneas en plantas jóvenes de trigo en condiciones de capacidad de campo y de déficit hídrico.

Objetivos específicos

- Estudiar respuestas productivas (producción de biomasa, número de hojas y macollos) de plantas jóvenes de trigo a la aplicación de Fertiactyl gramíneas en condiciones de capacidad de campo y de déficit hídrico.
- Estudiar respuestas morfológicas, (largo total de raíces, diámetro medio, área foliar) de plantas jóvenes de trigo a la aplicación de Fertiactyl gramíneas en condiciones de capacidad de campo y de déficit hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Conducción de los experimentos

El ensayo se realizó en invernáculo perteneciente a la Escuela Agraria N°1 ((latitud: 36° 55' 31" S; longitud: 60° 17' 32" O) de la localidad de Olavarría, ubicada en el centro de la Provincia de Buenos Aires. Semillas de trigo (*Triticum aestivum*) SMRNogal de la empresa SURSEM (ver características Anexo II) fueron expuestas a dos tratamientos antes de su siembra para evaluar la respuesta al uso de un bioestimulante en semilla, B0: inoculadas con agua pura y B1: inoculadas con una solución del 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas, Timac Agro (Ver características producto Anexo I). Se determinó el poder germinativo y la energía de germinación en las semillas de ambos tratamientos (Tabla 1). Posteriormente, 5 semillas fueron sembradas en macetas plásticas (1 L) con un sustrato mezcla (1:1 v/v) de arena de río y tierra del horizonte superficial (0-20 cm) de un suelo Argiudol. Se aplicó fósforo (P) y nitrógeno (N) a una dosis equivalente a 50 kg/ha previo a la siembra para evitar deficiencias nutricionales.

Tabla 1. Poder germinativo y vigor (expresados en porcentaje, %) de semillas de trigo SMRNogal.

	Con Bioestimulante	Sin Bioestimulante
% Vigor	86	79
% Poder germinativo	89	86

Luego cuando se encontraba en estado de dos hojas expandidas se realizó un raleo dejando 3 plantas por maceta, momento en que se aplicaron dos tratamientos para evaluar el crecimiento de las plantas B0 y B1 en condiciones hídricas contrastantes durante 18 días, A0: se dejaron de regar gradualmente hasta llegar a 20% de capacidad de campo (CC) aproximadamente y A1: riego controlado manteniendo el contenido de humedad superior al 80% de CC. De ésta manera quedaron definidos cuatro tratamientos (Tabla 2), combinación de los factores uso de bioestimulante en semilla y condición hídrica de crecimiento. Luego de 18 días de tratamiento se realizaron determinaciones no destructivas y destructivas.

Tabla 2. Combinación de tratamientos

Tratamiento	Condición Hídrica	Uso de bioestimulante
A1B0	Capacidad de campo	No
A0B0	Déficit	No
A1B1	Capacidad de campo	Si
A0B1	Déficit	Si

Condiciones ambientales

Durante el experimento se registró la temperatura máxima y mínima diaria con un termómetro de máxima y mínima digital, la misma fue de $13,64 \pm 0,96$ °C. El contenido de humedad a capacidad de campo del sustrato fue calculado utilizando el método gravimétrico. La capacidad de campo hace referencia a la cantidad de agua máxima que el suelo puede retener (García Petillo *et.al.*, 2012). Cinco macetas de 1 L con el sustrato utilizado se regaron

hasta saturación y se dejaron drenar por 24 horas, momento en el que se consideró que habían perdido toda el agua libre. Posteriormente se pesaron y se secaron en estufa a 105° hasta peso constante. Nuevamente se registró el peso de las mismas. El contenido de humedad a capacidad de campo del sustrato se calculó como: $(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}$ (Michelena *et. al.*, 2010). Al peso húmedo y al peso seco se le restó previamente el peso de la maceta.

Una vez conocido el porcentaje de humedad a capacidad de campo, la pérdida de agua se monitoreo por diferencia con el peso inicial de las macetas de los distintos tratamientos, donde todas las plantas se encontraban a capacidad de campo. Los pesajes se realizaron con una balanza analítica cada dos o tres días. Teniendo en cuenta que el peso de cada planta no es significativo al peso total de la maceta, ya que se trabaja con los primeros estadios de la misma, se lo consideró despreciable. En la Figura 3 se observa la evolución del contenido de humedad de las macetas expresado como % de humedad respecto de capacidad de campo (% hum CC), los tratamientos A1 se mantuvieron por arriba del 80% de humedad lo largo del experimento, mientras que los de A0 disminuyeron gradualmente por debajo del 20%, diferenciándose ambas condiciones contrastantes de crecimiento.

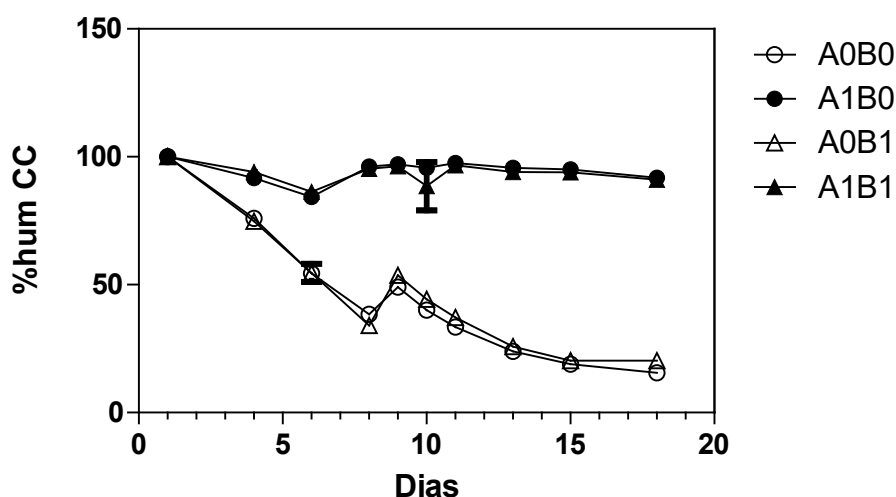


Figura 2. Evolución del porcentaje de humedad respecto del 100% de capacidad de campo (%hum CC) durante los 18 días de tratamiento. Marcadores transparentes indican condición hídrica de crecimiento con estrés (A0) y negros sin estrés (A1). Círculos indican semillas sin inocular (B0) y triángulos uso de bioestimulante en tratamiento de semilla (B1).

Determinaciones no destructivas Altura de la planta, longitud del pseudotallo y de la lámina verde de la hoja más joven completamente expandida

Previo a la cosecha de las plantas, se midió la altura de estas. Posteriormente, se midió la longitud del pseudotallo y de la lámina verde de la hoja más joven completamente expandida de todos los macollos de todas las plantas. La medición de la longitud del pseudotallo (conjunto vainas, láminas no emergidas y tallo verdadero) se realizó desde la base del mismo hasta la lígula, y la de lámina verde se realizó desde la lígula hasta el ápice.

Número de macollos y número de hojas vivas

Previo a la cosecha de las plantas se registraron la cantidad los macollos y la cantidad de hojas vivas en cada planta evaluada.

Determinaciones destructivas

Biomasa total y por compartimento

Las plantas muestreadas de cada tratamiento se dividieron en cuatro compartimentos: lámina, pseudotallo, raíz y material muerto, y cada una de ellas se pesó en fresco (PF) con una balanza analítica. Una vez realizadas otras determinaciones requeridas en las diferentes fracciones (*i.e.* área foliar, longitud y diámetro de raíces, etc.) las cuatro fracciones se secaron en estufa a 60°C hasta peso constante, durante 48 h aproximadamente, y se pesaron con una balanza analítica para obtener el peso seco (PS) final.

Área foliar

Las láminas foliares de las plantas muestreadas se colocaron dentro una bolsa plástica y se mantuvieron refrigeradas a 4-6°C hasta el momento de ser escaneadas. Las láminas foliares se pasaron por un escáner (Multifunción Epson Stylus TX125, Seiko Epson Corp., China). Las imágenes se tomaron en color, con una resolución de 200 ppp, y se almacenaron en formato TIFF (Tagged Image File Format). Posteriormente se procesaron con el programa Fiji-ImageJ (Schindelin *et al.*, 2012) para medir el área foliar por planta.

Longitud radical

Las raíces de las plantas muestreadas se lavaron cuidadosamente con agua corriente empleando una malla de 1 mm y se conservaron a 4-6°C en agua para ser analizadas un par de horas posterior a la cosecha. Al momento del análisis se sumergieron dentro de bandejas de acrílico transparente con agua y se pasaron por un escáner de alta resolución EPSON Expression 10000XL-Photo[®] (Seiko Epson Corp., Japón) equipado con una unidad de transparencia. Las imágenes se obtuvieron en escala de grises, con una resolución de 400 ppp, y se almacenaron en formato TIFF. Se procesaron, posteriormente, con el programa WinRhizo[®] (Régent Instruments, Inc.; Canadá) para determinar, en cada planta, la longitud radical total y el diámetro medio.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA, Kuehl, 2001) con 10 repeticiones por tratamiento ($n = 10$). El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete R para Windows (R Core team, 2014). Las variables que involucraron proporciones (*i.e.* proporción de biomasa) se transformaron con arcoseno ($\sqrt{x}$), previo al análisis. Las diferentes variables se analizaron utilizando ANOVA y se aplicó la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Se verificó la normalidad y homogeneidad de varianzas previo al análisis descripto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinaciones no destructivas

Altura de la planta, longitud del pseudotallo y de la lámina de la hoja más joven completamente expandida

En la Tabla 3 se observa interacción significativa de los factores condición hídrica de crecimiento y bioestimulante de semilla sobre la altura de las plantas de trigo. Bajo condiciones de estrés hídrico, se observó que las plantas en las que se aplicó el bioestimulante en semilla eran significativamente más altas que en las que no ($P < 0.05$), mientras que en las que crecieron a capacidad de campo la altura fue de similar. La reducción de la altura en condiciones de estrés hídrico es una respuesta típica ya que se da una disminución de la turgidez relativa y deshidratación del protoplasma, el que está asociado a la pérdida de turgor y reducción de la expansión celular y la división celular (Amado, 2016). La longitud del pseudotallo fue afectada significativamente por la aplicación de bioestimulante, siendo menor la longitud en las plantas en las que se aplicó el bioestimulante de semilla. En el caso de la longitud de la lámina, se observó respuesta a los tratamientos por separados pero no en su interacción ($P = 0,11$). Este resultado es típico que hace referencia a los componentes con los cuales está formado el bioestimulante utilizado ya que las giberelinas tienen su función esencial en el crecimiento, como las auxinas y entre sus efectos fisiológicos está la elongación de los tallos como efecto principal, también coinciden en otros efectos como la estimulación en la germinación de las semillas, ayudan a movilizar las reservas para el crecimiento inicial de la plántula, ayudando a contrarrestar el efecto climático de ciertas plantas en condiciones que no sean las idóneas para su desarrollo. (Villalobos, 2010).

Tabla 3. Altura de la planta, longitud del pseudotallo y longitud de lámina de plantas de trigo expuesta a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semilla sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores expresados en cm representan promedios $\pm$ error estándar de 10 replicas.

Factor		Altura/longitud (cm)		
A	B	Planta	Pseudotallo	Lámina
0	0	9,97 $\pm$ 0,71	2,99 $\pm$ 0,15	10,48 $\pm$ 0,56
1	0	13,15 $\pm$ 0,61	3,07 $\pm$ 0,05	13,17 $\pm$ 0,29
0	1	11,91 $\pm$ 0,71	2,70 $\pm$ 0,15	9,91 $\pm$ 0,68
1	1	12,47 $\pm$ 0,39	2,29 $\pm$ 0,16	11,00 $\pm$ 0,30
FV				
A		.	.	<0,05
B		.	<0,05	<0,05
AxB		<0,05	.	.

3.2.2. Número de macollos y número de hojas vivas

El número de hojas y macollos son variables morfológicas que nos indican la capacidad de captar el recurso luz de las plantas y de competir con malezas. No se observó interacción entre los factores A y B en el presente experimento ($P = 0,18$ en el caso del número de macollos y $P = 0,69$ en número de hojas vivas). En la Tabla 4 se observa que el número de macollos y el número de hojas vivas disminuyó significativamente en los tratamientos que crecieron con limitaciones hídricas (A0B0 y A0B1). Esta respuesta es característica del estrés hídrico, y ha sido anteriormente documentada (Ayed y otros, 2017; Akram, 2011). Por otro lado, no se encontraron efectos significativos en el factor B, por lo que el uso del bioestimulante Fertiactyl gramíneas no afectó negativa o positivamente la producción de órganos aéreos en las plantas de este experimento.

Tabla 4. Número de macollos y Número de hojas vivas de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas.

Factor			
A	B	Macollos	Hojas vivas
0	0	2,1 $\pm$ 0,2	11.4 $\pm$ 0.5
1	0	2,4 $\pm$ 0,1	14.1 $\pm$ 0.4
0	1	2,1 $\pm$ 0,1	10.9 $\pm$ 0.3
1	1	3,00 $\pm$ 0,3	14.0 $\pm$ 0.7
FV			
A		<0,05	<0,05
B		.	.
AxB		.	.

Determinaciones destructivas

Biomasa total y por compartimento

En la Tabla 5 se puede observar la producción biomasa de las plantas de trigo de los diferentes tratamientos finalizado el período de evaluación. No se observó interacción entre la aplicación de bioestimulante en semilla y la condición hídrica de crecimiento ($P = 0,349$) en la producción de biomasa total de las plantas. La misma fue significativamente mayor en las plantas que crecieron a capacidad de campo ($P < 0,05$) y tendió a ser mayor en las que se aplicó el bioestimulante ($P < 0,1$). La biomasa de las láminas siguió la misma tendencia registrada en la biomasa total, mientras que en el pseudotallo no se observó ninguna respuesta al factor uso de bioestimulante ($P = 0,89$). Este tipo de respuesta a las limitaciones hídricas se ha observado en estudios similares en los que se explica como la disminución de la tasa de asimilación en la fotosíntesis de CO_2 resultado del estrés por sequía, se manifiesta una reducción tanto en la

producción total de biomasa como en el crecimiento de la parte aérea de las plantas (Molnar y otros, 2004; Castro y otros, 2011). Tendencias en incremento de producción de biomasa de órganos aéreos como el de la lámina, no habían sido documentadas en experimentos similares usando bioestimulantes de las características de Fetiactyl gramíneas en trigo. Esto resulta novedoso, sería interesante profundizar su estudio en futuros experimentos.

Por otro lado, en la producción de biomasa radical se registró una interacción significativa entre la aplicación del bioestimulante y la condición hídrica de crecimiento de las plantas ($P < 0,05$). En las plantas en las que no se aplicó el tratamiento de semilla la producción de biomasa radical fue mayor en condiciones de estrés, respuesta frecuente debido a la priorización de dicho órgano para la búsqueda de agua, lo que nos indicaría que el cultivar con el que se realizó el experimento posee características de aclimatación a la falta de agua. El desarrollo de un sistema de raíces extenso y profundo es una estrategia de adaptación a la sequía que permite a la planta adquirir agua y nutrientes de las profundidades del perfil del suelo para satisfacer las demandas de evapotranspiración (Hund y otros, 2008; Awad y otros, 2018). La planta para evitar el estrés por sequía intensifica el crecimiento de las raíces con la retención del crecimiento normal de los brotes, resultando en un aumento relativo en la absorción de agua en comparación con pérdida de agua (Serraj y Sinclair 2002; Molnar et. al., 2004).

En las plantas en las que se aplicó el bioestimulante como tratamiento de semilla las plantas con o sin estrés aumentaron la producción de biomasa radical. Los tratamientos bioestimulantes de cultivos agrícolas tienen la potencial para mejorar la resiliencia de las plantas a las perturbaciones del medio ambiente (Van Ooesten y otros, 2017). Esta respuesta es la alcanzada por el producto utilizado, en donde se hace referencia a una mayor crecimiento del sistema radicular de la planta y una mayor resistencia a sequia (Anexo I).

Tabla 5. Producción de biomasa total, lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fetiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas.

Factor		Biomasa (mgMS/planta)			
A	B	Total	Lámina	Pseudotallo	Raíz
0	0	187 $\pm$ 11	65 $\pm$ 4	59 $\pm$ 5	63 $\pm$ 4
1	0	201 $\pm$ 10	88 $\pm$ 4	78 $\pm$ 4	34 $\pm$ 2
0	1	197 $\pm$ 4	78 $\pm$ 3	60 $\pm$ 2	58 $\pm$ 4
1	1	230 $\pm$ 12	92 $\pm$ 4	78 $\pm$ 6	59 $\pm$ 9
FV					
A		<0,05	<0,05	<0,05	.
B		(0,059)	(0,063)	(0,89)	.
AxB		ns	ns	ns	<0,05

En la figura 4 se puede observar el cambio en la proporción de cada componente de la producción de la planta (lámina, pseudotallo y raíz) sobre producción el total de biomasa. Se puede ver que en el tratamiento A0B1 la proporcionalidad de raíz/total es la mayor con respecto a los demás tratamientos ($R/T=0,29$). En el caso de la relación de lámina, es mayor en el caso de A1B0 ($L/R T2=0,44$) donde también se observa que la relación raíz/total es menor con respecto a los demás tratamientos ($R/T: T3 = 0,169$).

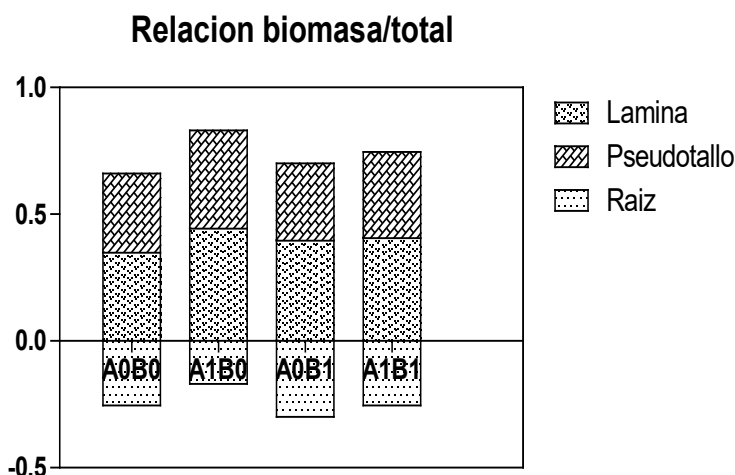


Figura 3. Proporción de lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas.

Tabla 6. Diferencia significativas de proporción de lámina, pseudotallo y raíz de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas).

FV	Lámina	Pseudotallo	Raíz
A	.	<0,05	.
B	.	<0,05	.
AxB	<0,05	ns	<0,05

Área foliar, longitud radical y diámetro medio de raíces

En la Tabla 7 se observan los valores obtenidos del largo total de raíces, diámetro medio y área foliar por planta ($\text{cm}^2/\text{planta}$). No se observó interacción entre la aplicación de bioestimulante de semilla y la condición hídrica de crecimiento para ninguna de las variables morfológicas evaluadas ($P = 0,15$ en área foliar, $P = 0,13$ en longitud radical y $P=0,14$ en diámetro medio de raíces). El área foliar fue significativamente mayor en las que crecieron a capacidad de campo durante todo el periodo de evaluación, independiente del uso de bioestimulante. Contrariamente, la longitud radical fue mayor ($P < 0,05$) en las plantas que crecieron bajo condiciones de estrés hídrico. Esto es una típica respuesta ya que el desarrollo de un sistema

de raíces extenso y profundo, sumado a una disminución del área foliar son estrategias de adaptación a la sequía que permiten a las plantas adquirir agua y nutrientes de las profundidades del perfil del suelo para satisfacer la evaporación demandas de transpiración (Hund y otros, 2008, Awad y otros, 2018). A su vez, se registró un incremento marginal en la longitud radical de las plantas que se inocularon con el bioestimulante como tratamiento de semilla ($P < 0,1$). Esta es una respuesta que se espera obtener ya que el bioestimulante estimula el mayor crecimiento del sistema radicular (Anexo I)

El diámetro medio de las raíces también fue modificada por los tratamientos, siendo más finas en condiciones de estrés hídrico ($P < 0,05$) y con la aplicación del bioestimulante ($P < 0,05$). Este tipo de estructura aumenta la superficie de contacto de las raíces con los poros del suelo. La producción de raíces finas es importante en la adquisición de agua y entrada de minerales debido a su alta área superficial por unidad de peso (Eissenstar, 1992; Huang y Fry, 1998; Polania y otros, 2009).

Tabla 7. Largo total de raíces (LTR), diámetro medio (DM) y área foliar (AF) de plantas de trigo expuestas a dos condiciones hídricas de crecimiento (A0: déficit hídrico, A1: capacidad de campo) y al uso de bioestimulante en semilla (B0: semillas sin inocular previo a la siembra, B1: semillas inoculadas con 150 ml/L de Fertiactyl gramíneas). Los valores representan promedios $\pm$ error estándar de 10 réplicas.

Factor		Variables		
A	B	LTR (cm)	DM (mm)	AF (cm ² /planta)
0	0	415 $\pm$ 31	0,41 $\pm$ 0,007	45 $\pm$ 4
1	0	234 $\pm$ 15	0,46 $\pm$ 0,010	91 $\pm$ 5
0	1	483 $\pm$ 14	0,37 $\pm$ 0,004	56 $\pm$ 4
1	1	238 $\pm$ 18	0,45 $\pm$ 0,011	87 $\pm$ 7
FV				
A		<0,05	<0,05	<0,05
B		(0,08)	<0,05	(0,56)
AxB		(0,13)	0,14	0,5

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento se observó que las plantas de trigo presentaron características de aclimatación al déficit hídrico como al incremento está de la longitud radical y a la disminución en el área foliar observada en las mismas. Variables productivas como la producción de hojas y macollos fueron afectadas por la falta de agua, al igual que la biomasa total de las plantas. La mayor producción de raíces y las características estructurales (mayor longitud y menor diámetro medio) de las mismas en las plantas que crecieron bajo condiciones de capacidad de campo y que se aplicó Fertiactyl gramíneas®, nos permite inferir que el sistema radicular se encontraba mejor preparado para afrontar condiciones de estrés hídrico comparado con las plantas en las que no se había realizado el tratamiento de semilla. Se observaron respuestas marginales al uso de bioestimulante en la producción de biomasa total y de lámina que resultan interesantes de profundizar en futuros experimentos.

El presente trabajo aporta información relevante, como la de crecimiento y características morfológicas de las raíces, en el estudio del comportamiento de plantas jóvenes de trigo que crecen en condiciones de déficit hídrico. A su vez, aporta información relacionada al uso de bioestimulantes, temática que ha sido escasamente estudiada en comparación con otro tipo de insumos utilizados en sistemas agrícolas. Consideramos importante en futuros estudios ajustar la duración del periodo de exposición al estrés y evaluar el crecimiento de las plantas en un posterior período de recuperación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P. (2005). Ecofisiología del trigo: Aspectos prácticos para el manejo del cultivo. INTA Balcarce. Buenos Aires-Argentina, 256.
- Akram, M. (2011). Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. *Bangladesh J. Agric. Res.* 36: 455-468.
- Amado Argüelles, A.G. (2016). Efecto del déficit hídrico moderado en la fase fenológica del espigado y madurez de grano en 15 líneas avanzadas de *Triticum Aestivum* L. "Trigo Harinero", la Molina, Lima-Perú.
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Annals of Botany* 89, 925-940.
- Ayed, S., Rezgui, M., Othmani, A., Rezgui, M., Trad, H., Teixeira-da Silva, J. A., Kharrat, M. (2017). Response of Tunisian durum (*Triticum turgidum ssp. durum*) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheats to water stress. *Agrociencia*, 51(1), 13-26.
- Awad, W., Byrne, P. F., Reid, S. D., Comas, L. H., Haley, S. D. (2018). Great plains winter wheat varies for root length and diameter under drought stress. *Agronomy Journal*, 110(1), 226-235.
- Battistus, A. G., Kuhn, O. J., Stangarlin, J. R., Hoffmann, M. R. B., Stülp, J. L., Istchuk, A. N. (2013). Comportamento da cultura do trigo tratado com enraizador e bioativador de plantas. *Scientia Agraria Paranaensis*, 12(1), 17-29.
- Briggle, L. W., Curtis, B. C. (1987). Wheat worldwide. *Wheat and wheat improvement*, 13, 1-32.
- Blum, A., Sullivan, C.Y., Nguyen, H.T. (1997) The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. II. Water deficit, heat and ABA. *Australian Journal of Plant Physiology* 24, 43-48.
- Carcea, M., Salvarorelli, S., Turfani, V., Mellara, F. (2006). Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Food Sciences and Technology*. v.41, n.2, p.102-107.
- Castro, A., Hoffman, E., Viega, L. (2011). Limitaciones para la productividad de trigo y cebada. *Cooperación Iberoamericana de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Montevideo, URU*.
- Cone, A.E., Slafer, G.A., Halloran, G.M. (1995). Effects of moisture stress on leaf appearance, tillering and other aspects of development in *Triticum tauschii*. *Euphytica* 86, 55-64.
- Copati, E., Lopez, M., Venturio, D., Paterniti, A., Console Insua, S., Mihura, M. (Dic 2017, Dic 2018, Dic 2019.) *Panorama Agrícola Semanal (PAS)*. Bolsa de Cereales.

- Cornic, G. (2000) Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture—not by affecting ATP synthesis. *Trends in Plant Science* 5, 187–188.
- Eissenstat, D.M.(1992). Costs and benefits of constructing roots of small diameter. *J.Plant Nutr.* 15, 763-782.
- Floss, E. L.(2011). Fisiología das plantas cultivadas: o estudo está por trás do que se vê. 5. ed. Passo Fundo RS: Universidad de Passo Fundo, 2011. 734 p.
- Frensch, J. (1997). Primary responses of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution. *Journal of Experimental Botany* 48, 985–999.
- García Petillo, M., Puppo, L., Hayashi, R., & Morales, P. (2012). Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>.
- Georget, D. M. R., Underwood-Toscano, C., Powers, S. J., Shewry, P. R., Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*. v.16, n.1, p.12-30.
- Hosene, R. C. (1991). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Zaragoza: Acribia. 321p.
- Huang, B.M., Fry, J.D. (1998). Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 38, 107-1022
- <http://agrovoz.lavoz.com.ar/agrovoz/argentina-se-mete-entre-cinco-exportadores-mundiales-de-trigo>. Agrovoz. Abril, 2019.
- <http://agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/exportacion-se-lleva-mas-del-90-del-trigo-y-sostiene-al-mercado>. Agrovoz. Diciembre, 2019.
- <https://www.bolsadecereales.com>. Julio 2020
- <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones.Julio2020>.
- Hund, A. N. Ruta, Liedgens, M.(2008). Rooting depth and water use efficiency of tropical maize inbred lines, differing in drought tolerance. *Plant Soil* 318:311–325.
- Ibrahim, S. E., Schubert, A., Pillen, K., León, J. (2012). QTL analysis of drought tolerance for seedling root morphological traits in an advanced backcross population of spring wheat. *International Journal of Agricultural Science*, 2, 619-629.
- Mian, M. A. R., Nafziger, E. D., Kolb, F. L., Teyker, R. H. (1993). Root growth of wheat genotypes in hydroponic culture and in the greenhouse under different soil moisture regimes. *Crop science*, 33(2), 283-286.

- Molfese, E.R. 2016. Caracterización de la Calidad del Trigo Pan en el Centro Sur Bonaerense. INTA.
- Molnár, I., Gáspár, L., Sárvári, É., Dulai, S., Hoffmann, B., Molnár-Láng, M., & Galiba, G. (2004). Physiological and morphological responses to water stress in *Aegilops biuncialis* and *Triticum aestivum* genotypes with differing tolerance to drought. *Functional Plant Biology*, 31(12), 1149-1159.
- Moreno, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179-191.
- Moterle, L. M., Santos, R. F. D., Scapim, C. A., Braccini, A. D. L., Bonato, C. M., Conrado, T. (2011). Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. *Revista Ceres*, 58(5), 651-660.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25, 239–250.
- Passioura, J.B. (1988) Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soils. *Australian Journal of Plant Physiology* 15, 687–693.
- Polanía, J. A., Rao, I. M., Beebe, S., García, R. (2009). Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 25-32.
- Popper, L, Schäfer, W., Freund, W. (2006). Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement. Kansas City: Agrimedia. 325p.
- Santos, M. N. D. (2017). A influência do uso de bioestimulantes no tratamento de sementes de soja e trigo.
- Santos, W. D. D. S. (2018). O efeito de bioativadores no desenvolvimento inicial da soja.
- Scheuer, P. M., Francisco, A. D., Miranda, M. D., Limberger, V. M. (2011). Trigo: características e utilização na panificação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(2), 211-222.
- Serraj, R., Sinclair, T.R. (2002) Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant, Cell and Environment* 25, 333–341.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologiques*, 331(3), 215-225.
- Shewry, P. R., Gilbert, S., Tatham, A. S., Belton, P. S. (1998). The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining the functional properties of wheat gluten and dough. *Biopolymer Science: Food and Non Food Applications*. p.13-18.
- Todd, G.W., Webster, D.L. (1965). Effects of Repeated Drought Periods on Photosynthesis and Survival of Cereal Seedlings 1. *Agronomy Journal*, 57(4), 399-404.

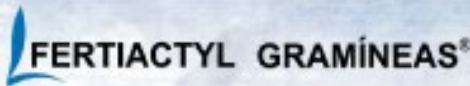
- Tomar, R. S. S., Tiwari, S., Naik, B. K., Chand, S., Deshmukh, R., Mallick, N., Singh, S., Singh, N.K., Tomar, S. M. S. (2016). Molecular and morpho-agronomical characterization of root architecture at seedling and reproductive stages for drought tolerance in wheat. *PloS one*, 11(6), e0156528.
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 5.
- Villalobos, J.A. (2010). Evaluacion de Prohexadione-Ca, Trinexapac Etil, Acido 2-(Cloroetil) Fosfonico y extracto de plantas de mezclas de bacterias sobre la biomasa y rendimiento del arroz (*Oryza sativa*) variedad CER-09. Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Weiss, A., Baenziger, P. S., McMaster, G. S., Wilhelm, W. W., Al Ajlouni, Z. I. (2009). Quantifying phenotypic plasticity using genetic information for simulating plant height in winter wheat. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(1), 59-64.

ANEXOS

CARTILLA Timac

CARTILLA DE PRODUCTO


NUTRICIÓN VEGETAL



Características:
Producto bioestimulante de aplicación a semilla para Gramíneas, especialmente indicado para superar condiciones adversas de estrés durante la implantación, pero con importantes beneficios bajo cualquier condición, debido al gran estímulo generado sobre el desarrollo del sistema radicular de la planta.

Componentes:

- Complejo antiestrés (principalmente Glicina-Betaina)
- Complejo hormonal potenciador (Auxinas, Giberelinas y Citoquininas)
- Micronutrientes: Zinc y Boro
- Ácidos Húmicos y Fúlvicos

Beneficios:
MEJOR IMPLANTACIÓN:

- ✓ Mejora la velocidad de germinación y emergencia inicial del cultivo
- ✓ Mayor N° plantas logradas → permite bajar densidades de siembra
- ✓ Rápida y mejor cobertura de suelo → mejora la capacidad de competencia con las malezas y la tolerancia del cultivo a los herbicidas.
- ✓ Reduce de forma importante el riesgo y el costo de las "resiembras"

MEJOR DESARROLLO DEL CULTIVO:

- ✓ Mayor tolerancia a la sequía, anegamiento, suelos fríos, altas temperaturas, etc
- ✓ Mayor crecimiento del sistema radicular de la planta
- ✓ Mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes durante todo el ciclo
- ✓ Mayor perpetuación en el tiempo de las Pasturas

Recomendaciones de uso:

CULTIVO	DOSIS (cc/ 100 kg de semilla)
TRIGO Y CEBADA	150
AVENA	150
RAIGRÁS	300
FESTUCA	300
SORGO Y MAIZ	750
ARROZ	150

CARTILLA DE PRODUCTO



Función de los componentes:

Complejo Antiestrés:

La **Glicina/Betaina** es el aminoácido con mayor efecto antiestrés, principalmente por su potente efecto de osmorregulación celular que protege a la semilla y la plántula ante condiciones de estrés hídrico (sequía y anegamiento) salino (fertilizantes) y térmico (suelos fríos o con muy altas temperaturas).

Los promotores del crecimiento del complejo hormonal **contrarrestan la producción natural de inhibidores del crecimiento como el Etileno** que la planta produce cuando está bajo situaciones de estrés, acelerando así el proceso de recuperación.

Complejo Hormonal:

La aplicación a semilla de este **complejo hormonal en su conjunto** tiene un potente estímulo sobre el desarrollo tanto de las raíces como de la nueva plántula que emerge, generando no solo una rápida implantación inicial, sino que una mayor captación de agua y nutrientes durante todo el ciclo del cultivo, incluso durante el llenado de granos.

La **Citoquinina** es la hormona producida en los ápices radiculares que señala la división celular y por tanto el crecimiento general de la planta, siendo **imprescindible para activar tanto el desarrollo radicular como vegetativo**.

Las **Auxinas** direccionan en la planta los nutrientes hacia los puntos de crecimiento, activando y haciendo posible de esta forma la división celular para el crecimiento.

Son vitales y determinantes para estimular la diferenciación a nivel celular que genera el **desarrollo radicular inicial de la planta**.

Las **Giberelinas** junto al Potasio son las responsables de ejecutar el agrandamiento celular.

A nivel de semilla estas hormonas estimulan las enzimas Alfa amilasas y Proteasas **encargadas de activar los procesos de germinación que "despiertan" a la semilla**.

Ácidos Húmicos y Fúlvicos:

Cumplen un rol clave como **activadores de la vida microbiana** del suelo responsable entre otras cosas de mineralizar la materia orgánica para que libere nutrientes, suministrar hormonas a la raíz para su desarrollo y hacer disponibles varios micronutrientes.

Zinc:

Forma parte del Triptofano precursor de Auxinas, por lo que colabora en la generación endógena de esta hormona por la planta.

Boro:

El mantenimiento de niveles adecuados de Boro evita el incremento de la actividad de las AIA oxidasas, manteniendo así un nivel adecuado de Auxinas.

Características trigo SMRNogal.

TRIGO SRM

**SRM
NOGAL⁽¹⁾
80**

**SRM
NOGAL
100**

**SRM
NOGAL
111**

**SRM
NOGAL
111**

**RMO
2330**

**RMO
2331**

ZONAS DE ADAPTACIÓN

EPOCAS DE SIEMBRA

I 198 - 187
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

I 204 - 158
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

I 204 - 158
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

I 204 - 158
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

I 204 - 158
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

I 204 - 158
II 204 - 158
III 204 - 158
IV 197 - 209

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Ciclo
Porte
Altura (m)

Corto
Semienrdo
0,82

Int. - Largo
Semienrdo
0,90

Int. - Largo
Semienrdo
0,90

Int. - Largo
Semienrdo
0,85

Int. - Largo
Semienrdo
0,82

Int. - Corto
Semienrdo
0,82

PERFORMANCE

Capacidad de macollaje
Potencial de rendimiento
Densidad de siembra (pl/m²)

Muy buena
Alto
325 - 350

Alta
Muy alto
280 - 330

Alta
Muy alto
280 - 330

Alta
Muy alto
280 - 330

Muy buena
Alto
325 - 350

Muy buena
Alto
325 - 350

COMP. FRENTE A DIVERSIDADES

Comp. a virus
Comp. a desgrane

Muy bueno
Muy bueno

Muy bueno
Muy bueno

Muy bueno
Muy bueno

Muy bueno
Muy bueno

Muy bueno
Muy bueno

Muy bueno
Muy bueno

COMP. FRENTE A ENFERMEDADES

Tolerancia a Roya amarilla
Tolerancia Roya anaranjada
Tolerancia Roya del tallo
Tolerancia Septoria de la hoja
Tolerancia Mancha amarilla (Draechlera)
Tolerancia Fusarium de la espiga

Alta
Alta
Alta
Media
Alta
Media

Alta
Media
Media
Media
Media
Media

Alta
Media
Media
Media
Media
Media

Alta
Alta
Alta
Alta
Alta
Alta

Alta
Alta
Alta
Media
Alta
Media

Alta
Alta
Alta
Media
Alta
Media

CALIDAD INDUSTRIAL

Calidad panadera
Calidad molinera
Proteína en grano
Índice de estabilidad
Peso hectolítrico
P 1000 gr

Grupo 2
Muy buena
12%
Alto
78
33

Grupo 2
Muy Buena
11%
Alto
78
37

Grupo 2
Muy Buena
11%
Alto
78
37

Grupo 3
Muy Buena
11,5%
Alto
79
35

Grupo 1
Muy Buena
12%
Alto
78
33

Grupo 2
Muy Buena
12%
Alto
78
33

CATÁLOGO
SURSEM

CATÁLOGO NACIONAL
DE VARIETADES

Nogal 100 Caidén

Nogal 111 Lapacho

Nogal Nogal

RMO 2330 LE2330

SRM 2331 LE2331

Nogal 80⁽¹⁾ Virgilio polenado

(1) En trámite de inscripción

Fotos del Experimento

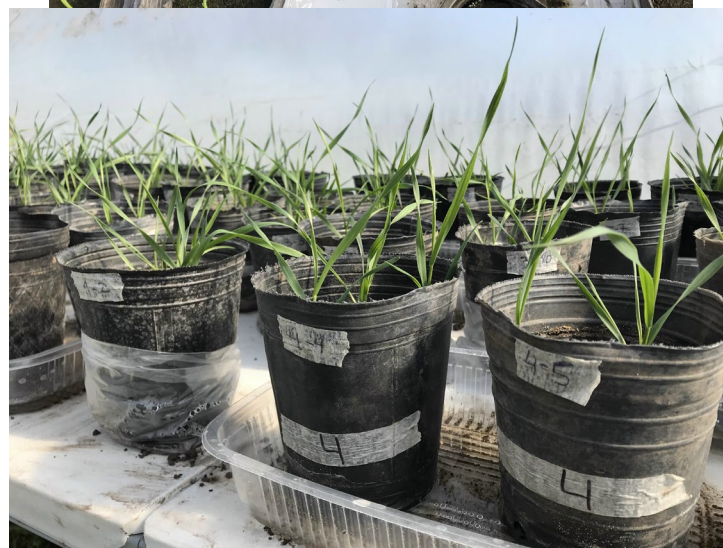
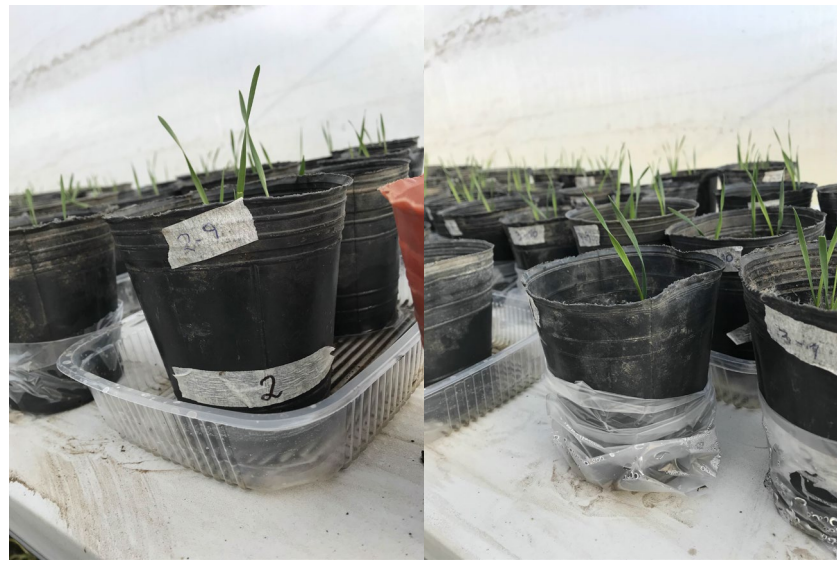
Día de la siembra (Escuela Agraria N°1- Olavarría)



Transcurso del ensayo

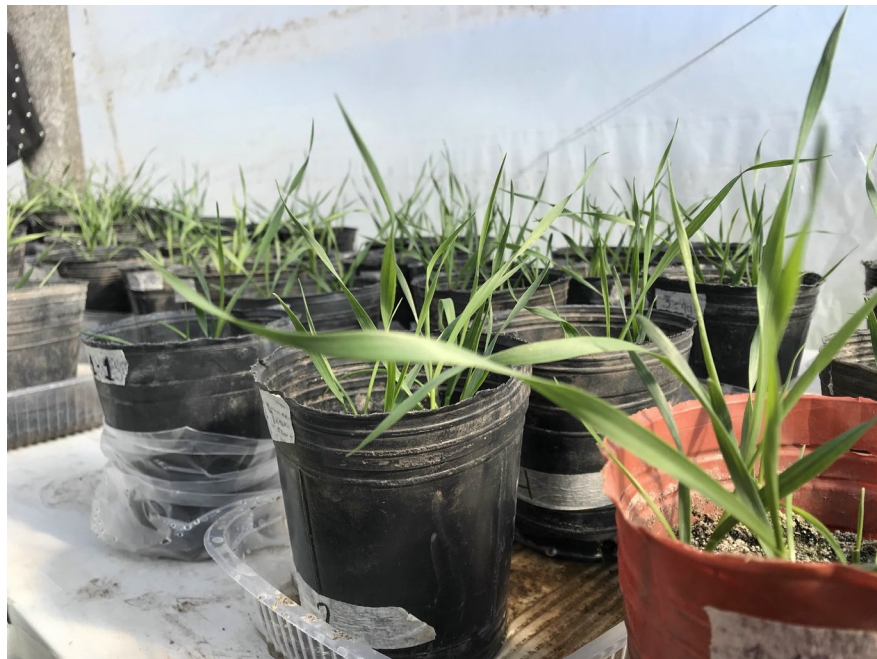
Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Lucía Emiliozzi



Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Lucía Emiliozzi



Día de cosecha y toma de muestras

Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Lucía Emiliozzi



Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Lucía Emiliozzi



Respuesta en plantas jóvenes de trigo a la aplicación de un bioestimulante en tratamiento de semilla bajo condiciones de déficit hídrico

Lucía Emiliozzi



Día de mediciones (E.E.A INTA – Balcarce)



Escáner de alta resolución EPSON Expression 10000XL-Photo® (Seiko Epson Corp., Japón) equipado con una unidad de transparencia