



## Effect of Foliar application of boron, zinc and calcium on onion seed production

### Efecto de la aplicación foliar de boro, zinc y calcio en la producción de semilla de cebolla

Gabri, C. G.<sup>1,2,5\*</sup>; Ibañez, A.A.<sup>1</sup>; Güell, J. M.<sup>2</sup>; Galmarini, C. R.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, Estación Experimental Agropecuaria - EEA San Juan (5427), Villa Aberastain, Pocito, San Juan, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Agronomía, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, Estación Experimental Agropecuaria - EEA La Consulta (5567), La Consulta, Mendoza, Argentina.

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> Facultad de Ciencia Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Chacras de Coria, Luján, Mendoza, Argentina.

\* Autor de correspondencia, correo electrónico: gabri.carlos@inta.gob.ar

Recibido: 09/03/2020

Aceptado: 06/08/2020

#### ABSTRACT

Gabri, C. G.; Ibañez, A.A.; Güell, J. M.; Galmarini, C. R. 2020. Effect of Foliar application of boron, zinc and calcium on onion seed production. *Horticultura Argentina* 39 (99): 6 – 16.

Onion seed represents a high percentage of the total economic value of vegetable seeds marketed worldwide. In Argentina, onion seed production is carried out in San Juan and Mendoza, where open-pollination (OP) cultivars and first generation hybrids are used. An OP variety has good seed yield, but the yield of hybrid seeds is erratic and considerably lower. Seed yield and quality depends, among other factors, on fertilization. Nutrients such as boron, zinc and calcium are essential for the growth and development of plants. Foliar fertilization allows the supply of nutrients to specific organs when the growth stage,

internal demand and environmental conditions limit their delivery. The objective of this study was to evaluate the effect of the foliar application of boron, zinc and calcium, on the yield and quality of onion seed. The study was conducted on cv. Angaco INTA in a commercial farm located in the department of Pocito, San Juan. A completely randomized design with four replications was used. Three doses of boron, calcium and zinc, plus a combination of the three nutrients and the control were evaluated. The foliar application of boron, both simple and combined with zinc and calcium, produces a greater fruit set, while calcium improves germination. No significant effects on seed yield were observed.

**Additional keywords:** *Allium cepa* L., fertilization, micronutrients.

## RESUMEN

Gabri, C. G.; Ibañez, A.A.; Güell, J. M.; Galmarini, C. R. 2020. Efecto de la aplicación foliar de boro, zinc y calcio en la producción de semilla de cebolla. *Horticultura Argentina* 39 (99): 6 – 16.

La semilla de cebolla representa un alto porcentaje del valor económico total de semillas de hortalizas comercializado en el mundo. En Argentina, la producción de semilla de cebolla se realiza en San Juan y Mendoza y se utilizan cultivares de polinización abierta (OP) e híbridos de primera generación. Una variedad OP tiene buenos rendimientos de semilla, pero el rendimiento de semillas híbridas es errático y considerablemente más bajo. El rendimiento y la calidad de semilla dependen, entre otros factores, de la fertilización. Nutrientes tales como boro, zinc y calcio son esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. La fertilización foliar permite suministrar nutrientes sobre órganos específicos

cuando la etapa de crecimiento, la demanda interna y las condiciones ambientales limitan su entrega. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de boro, zinc y calcio, sobre el rendimiento y la calidad de semilla de cebolla. El estudio se realizó sobre la cv. Angaco INTA en una finca comercial ubicada en el departamento de Pocito, San Juan. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se evaluaron tres dosis de boro, de calcio y de zinc, más una combinación de los mismos y el testigo. Se concluye que la aplicación foliar de boro, tanto simple como combinado con zinc y calcio, produce un mayor cuajado de frutos, mientras que el calcio mejora el poder germinativo. No se observaron efectos significativos en el rendimiento de semillas.

**Palabras claves adicionales:** *Allium cepa* L., fertilización foliar, nutrientes, rendimiento, calidad.

## 1. Introducción

En el mundo se producen 50.000 t de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) cada año (FAO 2017), lo que representa un porcentaje importante del valor económico total de semillas de hortalizas comercializado (Galmarini, 2018 a). Los principales países productores son Estados Unidos, Países Bajos, Japón, Turquía, China, España, Italia, Francia, Australia, Chile, Argentina y Sudáfrica (Galmarini, 2018 a).

En Argentina, principalmente en San Juan y Mendoza, anualmente se producen aproximadamente 100 t de semilla de cebolla para abastecer el mercado interno (Acosta *et al.*, 1993; Gaviola *et al.*, 2006, Galmarini, 2018 b). Además, existen empresas extranjeras que producen entre 220-250 t de semilla de cebolla por año para ser exportadas (Albani, 2019)

Además de abastecer el mercado nacional, durante los últimos años se realizaron exportaciones a países como Estados Unidos y Chile (Asprosem, 2016). Cultivares de polinización abierta (Open Pollinated - OP) e híbridos de primera generación (F1) son empleados en todo el mundo (Sidhu *et al.*, 2004). Los sistemas de androsterilidad citoplasmática génica (CMS) son utilizados para producir semillas híbridas (Brewster, 2008). Una variedad de polinización abierta tiene rendimientos de semilla que oscilan entre los 800 y 1200 kg.ha<sup>-1</sup> (Galmarini, 2018 b). Sin embargo, el rendimiento de semillas híbridas es errático y considerablemente más bajo en comparación con las variedades OP, y para que sean económicamente viables es necesario que tengan un buen rendimiento de semillas (Soto *et al.*, 2013; Gupta & Singh, 2016).

El rendimiento y la calidad de semilla de cebolla dependen de componentes ambientales y genéticos (Voss *et al.*, 2013; Khokhar, 2014), del manejo en pos-cosecha (Rao *et al.*, 2006; Nikus & Mulugeta, 2010; Adongo *et al.*, 2015) y de prácticas de cultivo (Kumar *et al.*, 2018; Majumder *et al.*, 2018) como el tamaño de bulbo plantado (Mollah *et al.*, 2015; Debashis *et al.*, 2016) o la fertilización utilizada (Shehata *et al.*, 2012; Haque *et al.*, 2014). En los cultivos de cebolla en zonas áridas de Argentina, es necesaria la aplicación de fertilizantes en el suelo o en partes aéreas de la planta.

La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sirve de respaldo para suplementar los requerimientos nutrimentales del cultivo que no pueden abastecerse mediante la fertilización tradicional (Trinidad & Aguilar, 1999; Bhuyan *et al.*, 2012). Así, se convierte en un sistema complementario muy eficaz (Khan & Kuruwanshi, 2015) que permite, además, suministrar nutrientes a órganos específicos de la planta cuando la etapa de crecimiento del cultivo, la demanda interna de la planta y las condiciones ambientales limitan la entrega de los mismos (Fernández & Brown, 2013). La aplicación foliar de fertilizantes u otras sustancias es una práctica habitual en cultivos de flores y plantas ornamentales (El-Naggar & El-Sayed, 2008; Abou-Sreya & Yassen, 2016), de árboles frutales (Saadati *et al.*, 2016; Kurešová *et al.*, 2019) y de hortalizas (El-Tohamy *et al.*, 2011; Dewdar *et al.*, 2018). De este modo, la fertilización foliar se impone como la más económica y efectiva, porque el producto rociado ingresa (a través de los estomas o la cutícula de la hoja) rápidamente a las células (Fageria *et al.*, 2009; Behairy *et al.*, 2015). Tales sustancias pueden ser reguladores de crecimiento, bioestimulantes, pesticidas, nano-agroquímicos y macro o micronutrientes (Rajasekar *et al.*, 2017; Alshaal & El-Ramady, 2017).

Los nutrientes son elementos esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. El boro (B) interviene en el desarrollo reproductivo, el zinc (Zn) actúa en la formación de enzimas y proteínas de las plantas (Shah *et al.*, 2016, Hossain *et al.*, 2017) y el calcio (Ca) participa en el crecimiento de la raíz, brotes y tubo polínico, además de reducir efectos de estrés abiótico (Tuteja & Mahajan, 2007). En forma combinada, el B junto al Ca forman complejos con varios componentes de la pared celular (Ahmad *et al.*, 2009). También, B, Zn y Ca influyen diferencialmente en el rendimiento y en la calidad de los cultivos, tal como sucede en la producción de bulbos (Ghoname *et al.*, 2007; Begum *et al.*, 2015) y en el rendimiento de semilla (Hossain *et al.*, 2017) de cebolla.

A nivel mundial, se obtuvieron mejoras en los parámetros de rendimiento y de calidad de semilla de cebolla mediante la aplicación de carbonato cálcico (Abdelghafar *et al.*, 2016). Laware & Raskar (2014) redujeron el período de floración de la cebolla sin afectar la sanidad de la semilla con la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc; sin embargo, la aplicación foliar combinada de zinc y boro mejora los parámetros de rendimiento en semilla de cebolla (Mansoor *et al.*, 2019). Asimismo, Geetharani *et al.* (2008) obtuvieron aumentos en el rendimiento de semilla (*Allium c. var. aggregatum*) mediante aplicaciones de ácido bórico y reguladores de crecimiento durante la emergencia del tallo floral y el 10 % de floración. No obstante, es escaso el conocimiento de los efectos productivos y fisiológicos de la aplicación de nutrientes dirigida sobre umbelales de *Allium cepa* L.

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio (simples y combinados) dirigidas a umbelales sobre el rendimiento y la calidad de semilla de cebolla en San Juan, Argentina.

## 2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la temporada 2017/2018 en una finca comercial ubicada en el departamento de Pocito, provincia de San Juan, Argentina (31°37'10.7"S 68°33'42.9"W). En

la tabla 1 se muestra la temperatura media (TM), la suma de horas de frío con base de 7 °C (SHF) y la precipitación (PP) durante el ciclo de cultivo

**Table 1:** Meteorological data during crop cycle in season 2017/2018

**Tabla 1:** Datos meteorológicos durante el ciclo de cultivo en la temporada 2017/2018.

	Mar*	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic**
TM (°C)	22,7	17,6	13,7	9,7	9,6	12,5	14,8	18,7	22,9	21,4
SHF (7 °C)	0	13	57	187	270	147	60	29	0	0
PP (mm)	3,8	7,5	6,7	1	0,3	4,3	1	0	2,25	8,77

Elaboración propia con datos de la estación agrometeorológica de INTA EEA San Juan, Pocito. \* Desde la fecha de trasplante (20/03/17) \*\* Hasta la fecha de cosecha (06/12/17)

Se utilizaron bulbos de la cultivar Angaco INTA (Galmarini, 1997), que fueron plantados en una sola cara y a razón de 10 bulbos por metro lineal, el día 20/03/2017. El cultivo se regó por surcos sin descarga al pie. El suelo presentó textura franco-franco limoso de 0 a 0,30 m de profundidad y conductividad eléctrica entre 1400 y 2800  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , con valores de 800 ppm de nitrógeno, 25 ppm de fósforo y 100 ppm de potasio. La fertilización de base estuvo compuesta de 100 unidades. $\text{ha}^{-1}$  de nitrógeno, 40 unidades. $\text{ha}^{-1}$  de fosforo 40 unidades. $\text{ha}^{-1}$  de potasio, utilizando como fuentes urea (46-0-0), fosfato monoamónico (11-52-0) y sulfato de potasio (0-0-50-18S), respectivamente. Se realizaron controles de malezas, enfermedades y plagas utilizando herbicidas de pre-emergencia (Pendimetalín) y de post-emergencia (Haloxifop y Linuron), un fungicida sistémico (Mancozeb + Metalaxil) e insecticidas (Clorpirifós + Cipermetrina).

La parcela experimental se constituyó por 5 bordos (1 m de ancho x 7 m de largo), en los 3 bordos centrales se realizaron las distintas mediciones de rendimiento y calidad de semilla. Se dejó 1 metro de bordura en ambos extremos de cada bordo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con 4 repeticiones (Kuehl, 2001).

En la tabla 2 se especifican los tratamientos, la dosis de producto utilizada en cada uno de ellos y el pH de la solución final.

**Table 2:** Treatments applied on Angaco INTA onion seed production in season 2017/2018.

**Tabla 2:** Tratamientos aplicados sobre cebolla Angaco INTA para semilla en la temporada 2017/2018.

Tratamientos	Dosis (mg/L del compuesto total)	pH Solución
T1	Control (agua destilada sin nutrientes)	6,8
T2	100 mg/L de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	6,4
T3	200 mg/L de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	6,2
T4	300 mg/L de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	6,1
T5	200 mg/L de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ )	5,5
T6	400 mg/L de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ )	5,7
T7	800 mg/L de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ )	5,7
T8	100 mg/L de nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )	5,9
T9	300 mg/L de nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )	5,8
T10	500 mg/L de nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )	5,6
T11	200 mg/L de ácido bórico + 400 mg/L de sulfato de zinc + 300 mg/L de nitrato de calcio	5,5

Los tratamientos se asperjaron con un pulverizador manual de compresión previa, utilizando 1,5 litros de caldo por parcela experimental (500 litros. $\text{ha}^{-1}$ ). A cada una de las soluciones se le agregó un coadyuvante comercial (alcohol láurico etoxilado 20%) a razón de 0,3  $\text{cm}^3\cdot\text{l}^{-1}$ .

Se realizaron 4 aplicaciones: la primera el día 06/10/17, cuando las umbelas tenían la espata abierta pero las flores aún permanecían cerradas; la segunda, tercera y cuarta aplicación se realizaron a los siete (13/10/17), catorce (20/10/17) y veinticinco días (31/10/17) después de la primera aplicación respectivamente.

El rendimiento y la calidad de semilla de cebolla se evaluaron mediante la utilización de parámetros y metodologías descriptas por Wilkaniec *et al.* (2004), Asaduzzaman *et al.* (2012), Haile *et al.* (2017) y normas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2017) y fueron: cuaje de frutos, semillas/fruto, rendimiento (g.m<sup>-2</sup>), peso de mil semillas, poder germinativo (%) y vigor o energía germinativa (entendido como el poder germinativo en la mitad del tiempo). La cosecha se realizó el día 06/12/17, las umbelas se colocaron en bolsas de malla y se secaron en un depósito con ventilación para el posterior trillado (por fricción mediante cajón), zarandeado y aventado final. Para determinar el porcentaje de cuaje, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de cuaje} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de frutos} \times 100}{\text{n}^\circ \text{ frutos} + \text{n}^\circ \text{ de flores}}$$

### 2.1. Análisis estadístico:

Los datos obtenidos se procesaron con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018), se utilizó análisis de varianza (ANOVA) con el test de Tukey en la comparación de medias (Kuehl, 2001).

## 3. Resultados y discusión

La aplicación foliar de calcio, boro y zinc sobre umbelas de cebolla durante la etapa de floración ha demostrado un efecto significativo sobre el cuaje de frutos y el número de semillas por fruto (Tabla 3).

### 3.1. Variables de rendimiento:

**Table 3:** Seed yield parameters of Angaco INTA onion sprayed with different treatments of Boron, Zinc and Calcium during the flowering stage

**Tabla 3:** Parámetros de rendimiento de semilla de cebolla Angaco INTA asperjado con diferentes tratamientos de Boro, Zinc y Calcio durante la etapa de floración de cultivo.

Tratamientos	Umbelas/Parcela (número)	Cuaje de Frutos (%)	Semillas/Fruto (número)	Rendimiento (g.m <sup>-2</sup> )
T1-Control	177,50	75,16 b	2,84 abc	38,23
T2-100 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	159,75	83,74 a	3,30 a	32,95
T3-200 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	176,50	79,98 ab	3,20 a	41,78
T4-300 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	179,75	77,78 ab	3,09 ab	37,15
T5-200 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	143,50	80,53 ab	2,81 abc	37,02
T6-400 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	142,00	82,71 ab	2,73 abc	39,65
T7-800 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	149,75	77,18 ab	2,98 abc	39,52
T8-100 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	144,50	81,75 ab	2,48 c	34,17
T9-300 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	142,75	83,66 ab	2,49 c	29,77
T10-500 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	152,50	81,12 ab	2,60 bc	33,47
T11- 200 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + 400 mg/L de ZnSO <sub>4</sub> + 300 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	179,50	85,20 a	3,18 a	38,18
DMS	NS	8,57	0,58	NS
p-valor	-----	0,0038	<0,0001	-----

Diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos mediante el Test de Tukey (p≤0.05).

Si bien no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de fertilizantes, el T2-100 mg. l<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y el T11-Combinado tuvieron un cuaje significativamente mayor que el Testigo (Tabla 2). El número de semillas por fruto fue superior en T2-100 mg. l<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, T3-200 mg. l<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y T11-Combinado respecto de T8-100 mg/L Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, T9-300 mg/L Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y T10-500 mg/L Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Tabla 2). Estos resultados son consistentes y concuerdan con los estudios de Geetharani *et al.* (2008) y de Kumar *et al.* (2018).

Entre los resultados de Geetharani *et al.* (2008), la aplicación foliar de ácido bórico (100 ppm) aumenta el cuaje de frutos de las cebollas. Shireen *et al.* (2018) menciona que el boro incrementa el cuaje de frutos y mejora la producción de semillas, aumentando la productividad de los cultivos. En este sentido, la aplicación foliar de ácido bórico (T-100 mg. l<sup>-1</sup>) sobre las umbelas de cebolla podría afectar el crecimiento y desarrollo de los componentes reproductivos de la flor (tubo polínico, anteras, polen u óvulos) o simplemente producir un efecto de retención de flores similar al que sucede en plantas de berenjena investigadas por Suganiya & Kumuthini (2015). Estas conjeturas podrían evaluarse con estudios microscópicos futuros; no obstante, se conoce ampliamente que la deficiencia de boro retrasa el desarrollo de la antera y disminuye la viabilidad del polen en cereales y legumbres (Huang *et al.*, 2000; Pandey *et al.*, 2013; Atique-ur-Rehman *et al.*, 2018) en frutales (Ganie *et al.*, 2013; Fang *et al.*, 2019) y en hortalizas (Mehraj *et al.*, 2015; Ningawale *et al.*, 2016).

La aplicación de boro combinada con calcio y zinc, también incrementa el cuaje de frutos de cebolla; tal como se observa en los resultados de Kumar *et al.* (2018). Esta interacción del boro con otros nutrientes es compleja y los efectos pueden ser sinérgicos o antagónicos, dependiendo de la especie, la variedad y las condiciones ambientales (Tariq & Mott, 2007). Una posibilidad es que el aumento del cuaje de frutos de la cebolla se relaciona con mejoras del metabolismo del calcio y del zinc por acción del boro; tal como sucede con el aumento del rendimiento de frutos y semillas mediante las aplicaciones foliares de boro y calcio en tomate (Rab & Haq, 2012) o de sulfato de zinc y ácido bórico en *Phaseolus vulgaris* L. (Hamouda *et al.*, 2018). La aplicación foliar de boro combinada con calcio y zinc podría potenciar el desarrollo de las estructuras reproductivas y el contenido nutricional de la semilla.

Los efectos favorables obtenidos por las aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio (de modo simple y combinado) sobre el cuaje de frutos y las semillas por fruto, no se evidencian en el rendimiento de semillas. El T3-200 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> mostró los mayores valores medios de rendimiento, aunque no significativos con respecto al testigo y demás tratamientos. Esto último podría relacionarse con la caída de semillas en cosecha por avanzada madurez (datos no cuantificados). Los resultados obtenidos en los distintos parámetros de rendimiento de semilla de cebolla se asemejan parcialmente con los aumentos de rendimiento de semilla reportados por Mansoor *et al.* (2019), Laware & Raskar (2014) y Abdelghafar *et al.* (2016), sin embargo, en éstos se obtuvo aumento en el rendimiento de semillas.

### 3.2. Variables de calidad:

**Table 4:** Seed quality of Angaco INTA onion sprayed with different treatments of Boron, Zinc and Calcium during the flowering stage.

**Tabla 4:** Calidad de semilla de cebolla Angaco INTA asperjado con diferentes tratamientos de Boro, Zinc y Calcio durante la etapa de floración de cultivo.

Tratamiento	Peso de mil semillas (g)	% Germinación	Vigor
T1-Control	3,46	76,33 b	68,33
T2-100 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,36	77,67 ab	73,67
T3-200 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,46	83,67 ab	79,67
T4-300 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,43	83,33 ab	78,33
T5-200 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	3,46	77,33 ab	74,33
T6-400 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	3,53	81,33 ab	78,00
T7-800 mg/L de ZnSO <sub>4</sub>	3,47	79,33 ab	72,67
T8-100 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,49	92,33 a	88,00
T9-300 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,50	89,67 ab	72,67
T10-500 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,54	82,33 ab	78,33
T11- 200 mg/L de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + 400 mg/L de ZnSO <sub>4</sub> + 300 mg/L Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,45	84,00 ab	78,33
DMS	NS	15,70	NS
<i>p</i> -valor	-----	0,0291	-----

Diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos mediante el Test de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En el peso de mil semillas, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 4). Esto contrasta con las observaciones de Abdelghafar *et al.*, 2016 en aplicaciones de carbonato cálcico en la temporada 2013/2014, pero coincide con Laware & Raskar (2014) quienes tampoco obtuvieron diferencias significativas con la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc.

Sólo el poder germinativo se diferenció entre el Testigo y T8-100 mg/L Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, siendo superior para este último (Tabla 3). Esto contrasta con lo obtenido por Abdelghafar *et al.*, 2016, quienes no obtuvieron diferencias significativas en el poder germinativo mediante la aplicación de carbonato cálcico.

#### 4. Conclusiones

La aplicación foliar de boro en dosis bajas o combinado con zinc y calcio produjo un mayor cuajado de frutos que el testigo.

No se observaron efectos significativos de las aplicaciones foliares de boro, zinc y calcio (solos o combinados) en el rendimiento de semilla.

El calcio en dosis bajas mejoró el poder germinativo en comparación con el testigo.

Se sugiere seguir indagando sobre las dosis utilizadas, en forma simple y combinada, como así también en el momento de aplicación. Además, sería indispensable replicar dichos ensayos en condiciones controladas para luego validar los resultados a campo.

#### 5. Bibliografía

Abdelghafar, M. S., AlAbd, M. T., Helaly, A. A., Rashwan, A.M., 2016. Foliar Application of Lithovit and Rose Water as Factor for Increasing Onion Seed Production. *Nature and Science*. 14 (3): 53-61

Abou-Sreea, A. I. B. & Yassen, A. A. Supplying Calendula Plants with Some Micronutrients as Foliar Spray

under Egyptian Soils Features. 2016. *International Journal of PharmTech Research*. 9 (12): 097-108.

Acosta, A; Gaviola, J. C., Galmarini, C. R. 1993. Producción de semilla de cebolla. In: *Manual de Producción de Semillas Hortícolas*. Ed. Crnko, J. 3: 72-83.

- Adongo, B. A., Kwoseh, C. K., Moses, E. 2015. Storage rot fungi and seed-borne pathogens of onion. *Journal of Science and Technology*, 35 (2): 13-21
- Ahmad, W., Niaz, A., Kanwal, S., Rahmatullah, Rasheed, M. K. 2009. Role of Boron in Plant Growth: A Review. *Journal of Agricultural Research*. 47 (3): 329-338
- Albani, F. J. M. 2019. Influencia de la viabilidad del polen y de la línea androestéril en la producción de semilla híbrida de cebolla. Tesis (M. Sc.). Mendoza, Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo. 101 p
- Alshaal, T. & El-Ramady, H. 2017. Foliar Application: from Plant Nutrition to Biofortification. *The Environment, Biodiversity & Soil Security*. 1: 71- 83
- Asaduzzaman, M., Mainul Hasan, M., Mahmudul Hasan, M., Moniruzzaman, M., Humayun, M., Howlader, K. 2012. Effect of bulb size and plant spacing on seed production of onion (*Allium cepa* L.). *Bangladesh Journal of Agriculture Research*. 37(3): 405-414.
- ASPROSEM. 2016. 1º Foro de Semillas Hortícolas de San Juan. <https://asprosem.com.ar/category/noticias/page/5/>. [Consulta: octubre 2019].
- Atique-ur-Rehman, Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R. W., Siddique, K. H. M. 2018. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 38 (25): 1-24
- Begum, R., Jahiruddin, M., Kader, M. A., Haque, M.A., Hoque, A. B. M. A. 2015. Effects of zinc and boron application on onion and their residual effects on Mungbean. *Progressive Agriculture*. 26: 90-96.
- Behairy, A. G., Mahmoud, A. R., Shafeek, M. R., Ali, A. H., Hafez, M. M. 2015. Growth, yield and bulb quality of onion plants (*Allium cepa* L.) as affected by foliar and soil application of potassium. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 4 (01): 60-66
- Bhuyan, M. H., Ferdousi, M. R., Iqbal, M. T. 2012. Foliar spray of nitrogen fertilizer on raised bed increases yield of transplanted Aman rice over conventional method. *International Scholarly Research Network Agronomy*. 2012:1-8.
- Brewster, J. L. 2008. Onions and other vegetable alliums - 2nd Edition. Cambridge: CAB International.
- Debashis M., Santra, P., Maity, T. K., Basu, A. K. 2016. Quality Seed Production of Onion (*Allium Cepa* L.) cv. Sukhsagar as Influenced by Bulb Size and Date of Planting. *Agriculture Research & Technology: Open Access Journal*. 2(3): 1-6.
- Dewdar, M. D. H., Abbas, M. S., El-Hassanin, A. S., Abd El-Aleem, H. A. 2018. Effect of nano micronutrients and nitrogen foliar applications on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) of quantity and quality traits in marginal soils in Egypt. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(9): 4490-4498.
- Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. 2018. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- El-Naggar, A. H. & El-Sayed, S. G. 2008. Response of *Dianthus caryophyllus* L. Plants to Foliar Nutrition. *Journal of Agriculture & Environment Sciences of Alexandria University, Egypt*. Vol.7 (2): 53-67
- El-Tohamy, W.A., El-Abagy, H.M., Badr, M.A., Abou-Hussein, S.D., Helmy Y. I. 2011. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(3): 171-174.
- Fageria, N. K., Barbosa Filho, M.P., Moreira A., Guimarães, C. M. 2009. Foliar Fertilization of Crop Plants, *Journal of Plant Nutrition*, 32:6, pp 1044-1064



- Fang, K. F., Du1, B. S., Zhang, Q., Xing, Y., Cao, Q. Q., Qin, L. 2019. Boron deficiency alters cytosolic  $Ca^{2+}$  concentration and affects the cell wall components of pollen tubes in *Malus domestica*. *Plant Biology* 21: 343–351
- FAO. 2017. FAOSTAT. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fernández, V. & Brown, P. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, Vol 4, Article 289, pp 1-5.
- Galmarini, C. R. 1997. Obtención de cultivares en la Argentina. In: Manual del cultivo de la cebolla. INTA Centro Regional Cuyo, pp 23-25.
- Galmarini, C. R. 2018 a. Economic and Academic Importance. In: *The Allium Genomes, Compendium of Plant Genomes*, Springer Nature Switzerland AG 2018, pp 1-9.
- Galmarini, C. R. 2018 b. Mejoramiento de cebolla en Argentina: avances y perspectivas futuras. 40° Congreso Argentino de Horticultura (pág. 23). Córdoba, Argentina: ASAHO. (resumen)
- Ganie, M. A., Akhter, F., Bhat, M. A., Malik, A. R., Junaid, J. M., Shah, M. A., Bhat, A. H., Bhat, T. A. 2013. Boron – a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. *Current Science*. Vol. 104, Nº 1: 76-85
- Gaviola, J.; Ordovini, A.; Lepez, R.; Makuch, M. A. 2006. Evolución de la Calidad de Semillas de Cebolla Almacenadas en Condiciones no Controladas. *Agricultura Técnica*. 66:13-20.
- Geetharani, P., Manivannan, M. I.; Ponnuswamy, A. S. 2008. Seed production of onion as influenced by the application of growth regulators and nutrients. *The Asian Journal of Horticulture*. 3(2): : 301-303
- Ghoname A., El-Bassiony, A. M., Riad , G. S., Abd El-Baky, M. M. H. 2007. Reducing Onion Bulbs Flaking and Increasing Bulb Yield and Quality by Potassium and Calcium Application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4): 610-618
- Gupta, A. & Singh, B. 2016. Development of hybrids and hybrid seed production of onion. En *Principles and Production Techniques of Hybrid Seeds in Vegetables* (págs. 101-111). ICAR-IIVR.
- Haile, A., Tesfaye, B., Worku, W. 2017. Seed yield of onion (*Allium cepa* L.) as affected by bulb size and intra-row spacing. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 12 (12): 987-996.
- Hamouda, H. A., Anany, T. G., El-Bassyouni, M. S. S. 2018. Growth and Yield of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as Affected by Zn and B Foliar Application. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 07 (2):639-649
- Haque, M., Robbani, M., Mahmudul Hasan, M., Asaduzzaman, M., Mainul Hasan, M., Teixeira da Silva, J. A. 2014. Zinc and Boron Affect Yield and Quality of Onion (*Allium cepa* L.) Seed. *International Journal of Vegetable Science*, 20(2): 131-140.
- Hossain, M. M., Khatun, K., Haq, M. E., Ahmed, M., Shefat-Al-Maruf, M. 2017. Macro and Micro Nutritional Effect on Seed Yield of Onion. *Advances in Research*. 12(1): 1-9
- Huang, L., Pant, J., Dell, B., Bell, R. W. 2000. Effects of Boron Deficiency on Anther Development and Floret Fertility in Wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). *Annals of Botany* 85: 493-500.
- International Seed Testing Association. 2017. *International Rules for Seed Testing*. Full Issue i–19-8 (296).
- Khan, S. & Kuruwanshi, V. B. 2015. Foliar nutrition of plants. *Rashtriya Krishi. Hind Agricultural Research and Training Institute, India*. 10 (1): 54-55
- Khokhar, K. M. 2014. Flowering and Seed Development in Onion - A Review. *Open Access Library Journal*, 1:

- e1049.  
<http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101049>
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Internacional Thomson Editores S.A. México.
- Kumar, S., Tomar, B. S., Saharawat, Y. S., Arora, A. 2018. Foliar spray of mineral nutrients enhanced the growth, seed yield, and quality in onion (*Allium cepa* L.) cv. Pusa Riddhi. *Journal of Plant Nutrition*. 41 (9): 1155-1162.
- Kurešová, G., Menšík, L., Haberle, J., Svoboda, P., Raimanová, I. 2019. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees. *Plant, Soil and Environment*. 65 (6): 320–327.
- Laware, S. L. & Raskar, S. 2014. Influence of Zinc Oxide Nanoparticles on Growth, Flowering and Seed Productivity in Onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(7): 874-881.
- Majumder, A., Chattopadhyay, N., Dutta, S., Baidya, A. 2018. Growth and seed yield of onion (*Allium cepa* L.) cv. Sukhsagar as influenced by different sowing spacing of bulbs. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(1): 2393-2396
- Mansoor, M., Zaman, K., Tariq, M., Khan, M. A., Ali, R., Jamil, M., Waheed, M. 2019. Maximizing Onion Seed Production Through Foliar Application of Zinc and Boron. *Biological Sciences - Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*. 62(1): 1-7.
- Mehraj, H., Hussain, M. S., Parvin, S., Roni, M. Z. K., Jamal Uddin, A. F. M. 2015. Response of repeated foliar application of boron-zinc on strawberry. *International Journal of Experimental Agriculture*. 5(1), 21-24.
- Mollah, M. R. A., Ali, M. A., Ahmad, M., Hassan, M. K., and Alam, M. J. 2015. Effect of bulb size on the yield and quality of true seeds of onion. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*. 3: 23-27.
- Nikus, O. & Mulugeta, F. 2010. Onion seed production techniques. A manual for extension agents and seed producers. FAO-Crop Diversification and Marketing Development Project. Asella, Ethiopia. 1-24.
- Ningawale, D. K., Singh, R., Bose, U. S., Gurjar, P. S., Sharma, A., Gautam, U. S. 2016. Effect of boron and molybdenum on growth, yield and quality of cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis*) cv. Snowball 16. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 86 (6): 825–9.
- Pandey, N., Gupta, B. y Pathak, G. C. 2013. Foliar application of Zn at flowering stage improves plant's performance, yield and yield attributes of black gram. *Indian Journal of Experimental Biology*. 51: 548-555.
- Rab, A. & Haq, I. 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Turkey Journal of Agriculture*. 36: 695-701
- Rajasekar, M., Udhaya Nandhini, D., Suganthi, S. 2017. Supplementation of Mineral Nutrients through Foliar Spray – A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(3): 2504-2513.
- Rao, R. G. S., Singh, P. M., Rai, M. 2006. Storability of onion seeds and effects of packaging and storage conditions on viability and vigour. *Scientia Horticulturae*. 110: 1-6
- Saadati, S., Moallemi, N., Mortazavi, S. M. H., Seyyednejad, S. M. 2016. Foliar Applications of Zinc and Boron on Fruit Set and Some Fruit Quality of Olive. *Vegetos*. 29:2.
- Shah, S. T., Ullah, S., Khan, N., Sajid, M., Rab, A., Ul Amin, N., Iqbal, A., Naeem, A., Iqbal, M., Ul Haq, S., Rahman, S., Shah, F. A., Rawan, S.

2016. Effect of zinc as a foliar spray on growth and flower production of Marigold (*Tagetes erecta* L.). *Pure and Applied Biology*. 5 (4): 738-743
- Shehata S. A., Hashem M. Y., Ghada I. M., Abd El-Gawad, K. F. 2012. *Journal of Applied Sciences Research*. 8(2): 763-769
- Shireen, F., Nawaz, M.A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., Bie, Z. 2018. Boron: Functions and Approaches to Enhance its Availability in Plants for Sustainable Agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*. 19, 1856: 1-20
- Sidhu, A. S., Bal, S. S., Rani, M. 2004. Current trends in onion breeding. *J. New Seeds* 6: 223–245.
- Soto, V., Maldonado, I., Gil, R., Peralta, I., Silva, M., Galmarini, C. 2013. Nectar and Flower Traits of Different Onion Male Sterile Lines. *Journal of Economic Entomology*. 106 (3): 1386-1394.
- Suganiya, S. & Kumuthini, D. H. 2015. Effect of Boron on flower and fruit set and yield of ratoon Brinjal crop. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*. 2 (1): 35-141
- Tariq, M. & Mott, C. J. B. 2007. Effect of Boron on the Behavior of Nutrients in Soil-Plant Systems-A review. *Asian Journal of Plant Sciences*. 6 (1): 195-202
- Trinidad Santos, A. & Aguilar Manjarrez, D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*. 17 (3): 247-255.
- Tuteja, N. & Mahajan, S. 2007. Calcium signaling network in plants: an overview. *Plant signaling & behavior*. 2,2: 79-85.
- Voss, R. E.; Murray, M., Bradford, K., Mayberry, K.S., Miller, I., Long, R., Gillespie, S. 2013. Onion Seed Production in California. University of California Peer Reviewed. ANR Publication 8008.
- Wilkaniec, Z., Giejdasz, K., Prószyński, G. 2004. Effect of pollination of onion seeds under Isolation by the Red Mason Bee (*Osmia Rufa* L.) (Apoidea, Megachilidae) on the setting and quality of obtained seeds. *Journal of Apicultural Science*. 48(2):35-41