



Effects of foliar gibberellic acid application on onion seed yield

Efectos de la aplicación foliar de ácido giberélico sobre la producción de semilla de cebolla

Gaviola, J. C.^{1*}; Lipinski, V. M.¹ y Della Gaspera, P. G.¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria, La Consulta, Mendoza, Argentina.

*Autor de correspondencia: gaviola.julio@inta.gob.ar

Recibido: 17/02/2022

Aceptado: 09/05/2022

ABSTRACT

Gaviola, J. C.; Lipinski, V. M. y Della Gaspera, P. G. (2022). Effects of foliar gibberellic acid application on onion seed yield. Horticultura Argentina 41 (105): 49-60.

<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/pctqo1cea>

Onion (*Allium cepa* L.) is one of the main horticultural species in Argentina. The supply of seeds of this species is mainly from national production. Gibberellic acid (AG₃) in onion is effective to induce flower buds when applied before or during the period of low temperatures. Throughout three seasons in La Consulta, Mendoza, Argentina, AG₃ was tested to determine its effects on the seed production of onion cv Valcatorce INTA using the seed-to-seed method. The treatments were 0-200-400-600 mg.L⁻¹ of AG₃ in the first season and 0-

300-600-900 mg.L⁻¹ of AG₃ in the other two; the plants were sprayed when they had between 5 and 7 leaves. The design was complete blocks with random plots and five replications. The number of umbels per plant, the seed yield per plant and unit area, and the seed quality, were determined. Gibberellic acid increased the number of umbels per plant. In the first two seasons, the highest seed yield per unit area was achieved with the use of the highest dose of AG₃. However, in the third season, the best performance was obtained with 300 mg.L⁻¹. The application of AG₃ with the highest doses tested decreased the weight of a thousand seeds in two seasons without impairing germination.

Keywords: bolting, seed quality, seed to seed method, *Allium cepa*, floral induction.

RESUMEN

Gaviola, J. C.; Lipinski, V. M. y Della Gaspera, P. G. (2022). Efectos de la aplicación foliar de ácido giberélico sobre la

producción de semilla de cebolla. Horticultura Argentina 41 (105): 49-60.

<http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/pctqolcea>

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las principales especies hortícolas en Argentina. El abastecimiento de semillas de esta especie es mayoritariamente a partir de la producción nacional. El ácido giberélico (AG₃) en cebolla es efectivo para la inducción de las yemas florales cuando se aplica antes o durante el período de bajas temperaturas. Los ensayos se realizaron en La Consulta, Mendoza, Argentina, y abarcaron tres temporadas. El objetivo fue determinar los efectos del AG₃ sobre la producción de semilla de cebolla cv Valcatorce INTA utilizando el método semilla-semilla. Los tratamientos fueron 0-200-400-600 mg.L⁻¹ de AG₃ en la primera temporada y 0-300-600-900 mg.L⁻¹ de AG₃ en las otras dos; las plantas se pulverizaron

cuando alcanzaron entre 5 y 7 hojas. El diseño fue de bloques completos con parcelas al azar y cinco repeticiones. Se determinaron el número de umbelas por planta, el rendimiento de semilla por planta y unidad de superficie, y la calidad de semilla. El AG₃ incrementó el número de umbelas por planta. En las dos primeras temporadas el mayor rendimiento de semilla por unidad de superficie se logró con el uso de la mayor dosis de AG₃. En la tercera temporada el mejor rendimiento se obtuvo con 300 mg.L⁻¹. Las mayores dosis aplicadas disminuyeron el peso de mil semillas en dos temporadas sin desmejorar el poder germinativo.

Palabras claves: floración, calidad de semillas, método semilla a semilla, *Allium cepa*, inducción floral.

1. Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las principales especies hortícolas en Argentina. La superficie cultivada con esta especie oscila entre 18.000 y 20.000 ha anuales con diferentes tipos varietales (Larocca, 2012). Las cultivares de día corto se producen en el norte del país y las de día intermedio a largo, en el centro y sur. La cultivar de día largo Valcatorce INTA es la más empleada entre este tipo de cebollas y se comercializa en el mercado nacional entre los meses de marzo a setiembre; también se exporta a Brasil.

El abastecimiento de semilla de cebolla en Argentina es mayoritariamente a partir de la producción nacional. La necesidad estimada de esta semilla es entre 120 y 150 t anuales y las áreas productoras más importantes están en las provincias de San Juan y Mendoza (Gaviola, 2020).

Las giberelinas forman una gran familia de compuestos diterpenoides tetracíclicos, algunos de estos son bioreguladores que controlan diversos procesos de desarrollo como germinación de semillas, elongación del tallo, expansión foliar, desarrollo de tricomas y desarrollo de flores y frutos (Olszewski, *et al.*, 2002). Los estímulos ambientales, incluida la luz y la temperatura, pueden afectar los procesos en las plantas al cambiar las concentraciones de giberelinas y/o alterar la capacidad de respuesta a las mismas (Olszewski, *et al.*, 2002).

En la producción de semillas hortícolas el ácido giberélico (AG₃) se ha empleado con diferentes objetivos. Entre ellos se destacan la elongación de entrenudos en lechugas de cabeza, el aumento de la floración y el rendimiento de semillas en zanahoria y la promoción de flores masculinas en cucurbitáceas (Della Gaspera & Portela, 2021; Gaviola, 2020).

En cebolla el AG₃ se lo ha utilizado buscando diferentes respuestas, una de ellas es mejorar la producción de bulbos. La pulverización foliar de plantas con dosis entre 100 y 200 mg.L⁻¹ permitió obtener bulbos de mayor peso, tamaño y contenido de materia seca (Thakur *et al.*, 2018; Devi *et al.*, 2018). Además se mejoró el rendimiento de bulbos mediante la inmersión de las raíces antes del trasplante en solución a una concentración de 40 mg.L⁻¹ (Shukla *et al.*, 2010). El AG₃ tiene efectos gametocidas en cebolla si se aplica a una concentración del 2 % al comienzo del proceso de floración, esta técnica se propuso como una alternativa a la emasculación manual en las tareas de mejoramiento genético de esta especie (Van der Meer & Van Bennekom, 1973).

También el AG₃ mejoró la germinación de semillas de cebolla cuando se sumergieron en una solución de AG₃ de 20 o 40 mg.L⁻¹ durante 12 horas (Maurya & Lai, 1975).

En la producción comercial de semilla de cebolla es necesario lograr la floración del mayor número de plantas en el cultivo. La cebolla es una especie de ciclo bienal que forma el bulbo en el primer año y florece en el siguiente. Esta especie necesita vernalización para florecer, los bulbos o plantas en crecimiento requieren para su inducción floral temperaturas entre 6 y 12 °C, siendo el factor de floración más importante. Otros factores que influyen sobre la floración en cebolla son el fotoperíodo, considerando tanto su duración como la intensidad y calidad de la luz, el tamaño de la planta o bulbo, la fertilización nitrogenada y el uso de hormonas (D'Angelo & Goldman, 2018; Branca & Ruggeri, 1994; Brewster & Butler, 1989). Entre las hormonas se menciona que el AG₃ es efectivo en la inducción de yemas florales cuando se aplica antes o durante el período de bajas temperaturas, siendo inefectivo si se hace después de la exposición a las bajas temperaturas; también puede promover la iniciación floral en plantas con tamaño menor al mínimo requerido (Shishido & Saito, 1984).

Por su efecto sobre la floración el AG₃ se lo ha ensayado para mejorar el rendimiento en la producción de semillas en cebolla, existiendo experiencias en diferentes zonas, con distintas cultivares y con las modalidades de producción semilla-bulbo semilla y semilla-semilla.

En la India Singh *et al.* (1995) trataron bulbos de cebolla antes de la plantación sumergiéndolos durante seis horas en soluciones de AG₃ con dosis de 150, 300 y 450 mg.L⁻¹ y observaron que los tratamientos de 150 y 300 mg.L⁻¹ aumentaron la altura de las plantas y el rendimiento de semilla por planta y por unidad de superficie respecto del testigo, mientras que no modificaron el número de umbelas por planta, el tamaño de umbela ni el peso de mil semillas. El tratamiento de 450 mg.L⁻¹ no se diferenció del testigo.

Ruggeri & Branca (1994), en Sicilia (Italia), utilizando el método semilla-semilla, probaron dos épocas de siembra, junio y julio, dos cultivares, Dorata di Parma (de día largo) y Texas Grano 502 (de día corto), y dos dosis de AG₃, 200 y 400 mg.L⁻¹. El mayor porcentaje de floración y rendimiento de semillas lo obtuvieron sembrando en el mes de julio, con la cultivar Dorata di Parma y pulverizando con dosis de 400 mg.L⁻¹. La pulverización de las plantas se efectuó cuando presentaban entre 6 y 7 hojas.

En Pakistán Mushtaq *et al.* (2018) probaron pulverizaciones de AG₃ con dosis de 100 mg.L⁻¹ en tres momentos fenológicos, plantas con 2 a 3 hojas, con 6 a 7 hojas o al comienzo de floración. Con la cultivar Dark Red se logró el máximo número de umbelas por planta y el mayor rendimiento de semilla por umbela cuando se pulverizaron plantas con 6 a 7 hojas.

Waghmond *et al.* (2010), en la India, con el método bulbo-semilla, evaluaron el efecto de la aplicación de AG₃ combinado con biofertilizantes sobre la producción de semilla de cebolla cv Phula Samarth. Las dosis usadas fueron 50 y 100 mg.L⁻¹ y la pulverización se hizo al momento

de la floración. Con la dosis de 100 mg.L⁻¹ se incrementó el número y peso de semillas y también se aumentó el rendimiento de semillas por unidad de superficie.

En Bangladés, Khatun *et al.* (2020), pulverizaron las plantas de cebolla cv Bari Piaz-3, provenientes de bulbos vernalizados a 5 °C durante 14 días. El tratamiento de AG₃ se realizó a los 30 y 50 días después de la plantación de los bulbos utilizando dosis de 0-50-100-150 mg.L⁻¹. El rendimiento y la calidad de semilla fueron máximos con la dosis de 100 mg.L⁻¹.

El empleo de AG₃ en cultivos de cebolla para semilla puede ser una alternativa para mejorar el rendimiento sin afectar la calidad del producto final. En la optimización del manejo de esta fitohormona, además de la dosis, el momento de aplicación y la cultivar, influyen las características ambientales del área de producción, por lo que es conveniente realizar pruebas en cada área. En la revisión realizada no se encontraron publicaciones en Argentina sobre experiencias del empleo de giberelinas en cultivos de cebolla para semilla.

El objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos de la aplicación de AG₃ en la producción de semilla de cebolla cv Valcatorce INTA empleando el método semilla-semilla en la localidad de La Consulta, provincia de Mendoza, Argentina.

2. Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental La Consulta, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Latitud: 33° 42' S; Longitud: 69° 04' O y altura 940 m) en Mendoza, Argentina durante las temporadas 2018-2019; 2019-2020 y 2020-2021. La zona se caracteriza por poseer clima templado-árido siendo las temperaturas bajas suficiente para lograr la vernalización de las plantas (Gaviola, 2020). Para caracterizar las condiciones climáticas de cada año de ensayo se registraron las temperaturas máximas y mínimas mensuales, y las lluvias mensuales.

El suelo donde se realizaron las experiencias es de origen aluvial, profundo, predominantemente de textura franco-arenosa fina, serie La Consulta (Torrifluente típico), moderadamente alcalino, ligeramente salino y con bajo contenido orgánico (Dalmaso, 2016).

La cultivar empleada fue Valcatorce INTA, caracterizada por ser de día largo y tener bulbos redondos de color cobrizo, con dos o tres catáfilas de ese color, buen cierre de cuello y excelente conservación poscosecha (INASE, 2022).

Los cultivos se realizaron por el método semilla-semilla, con la técnica de siembra en almácigo y posterior trasplante a campo con plantas entre 2 y 3 hojas (Gaviola, 2020). Las fechas de siembra en almácigo fueron los días 13/12/17; 17/12/18 y 03/01/20, y las de trasplante los días 27/02/18; 27/02/19 y 05/03/20, según la temporada. La densidad de trasplante en el campo fue de 15 plantas por metro en la línea, distanciando 80 cm las líneas entre sí. El diseño usado fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones. La parcela útil constó de 2,4 m² con bordura en todo el perímetro.

Los tratamientos probados fueron 0-200-400-600 mg.L⁻¹ de AG₃ en la temporada 2018-2019 y 0-300-600-900 mg.L⁻¹ de AG₃ en las otras dos. El AG₃ empleado correspondió al producto comercial Giberelina KA[®], este producto se comercializa formulado como polvo soluble con 10 g de ácido giberélico y 100 g de inertes c.s.p. La pulverización con AG₃ se realizó cuando las plantas presentaban entre cinco y siete hojas, efectuándose los días 19/04/18; 22/04/19 y 22/04/20, según temporada. Se aplicaron 22 cm³ de solución por metro de línea trasplantada

(equivalente a 275 L.ha⁻¹). El tratamiento testigo se pulverizó con agua. Previo a la pulverización se determinó el número de plantas de la parcela útil.

El cultivo se regó por goteo usando cintas con goteros cada 30 cm con un caudal de 1 L.h⁻¹. Luego del trasplante y del primer riego se aplicó el herbicida pendimetalín 33 % a razón de 3 L.ha⁻¹, este tratamiento se repitió al comienzo de la emisión de los escapos florales. También se hizo fertirrigación con ácido fosfórico a razón de 20 kg.P.ha⁻¹. Cuando se alcanzó entre el 10 y 20 % de flores abiertas se colocó una colmena de abejas en las adyacencias.

La cosecha de las umbelas se efectuó cuando aproximadamente el 20 % de éstas presentaban frutos abiertos. Las umbelas se cortaron manualmente sin dejar resto de escapo floral. Las fechas de cosecha, según temporada, fueron 11/01/19; 14/01/20 y 18/01/21. Las umbelas cosechadas se secaron sobre zarandas a la sombra y una vez secas se trillaron manualmente.

La limpieza de las semillas se realizó por lavado con agitación seguido de decantación. El material trillado se sumergió en agua, se agitó y luego de una decantación de tres minutos se separó el sobrenadante, constituido por impurezas livianas y semillas vanas. Este procedimiento se repitió tres veces. Inmediatamente a esta operación se quitó el exceso de agua de las semillas mediante un tamiz y luego se secaron durante siete días sobre zaranda en un galpón a temperatura ambiente. Las semillas obtenidas se pesaron y se envasaron en bolsas de papel. De esta manera se obtuvo el rendimiento de semilla limpia por parcela útil.

Las variables respuestas determinadas fueron:

Número de plantas en la parcela útil al momento de comienzo de la emisión de los escapos florales, se expresó como plantas por metro cuadrado.

Evolución de la emisión de los escapos, para ello dos veces por semana se contaron los escapos visibles en la parcela útil. Se expresó como escapos emitidos por unidad de superficie. Esta evaluación se realizó en las dos primeras temporadas.

Número promedio de umbelas por planta, este valor se calculó dividiendo el número total de umbelas cosechadas por el número de plantas contabilizadas al comienzo de la emisión de los escapos.

Rendimiento de semillas, se obtuvo dividiendo el rendimiento de semilla limpia por la superficie de la parcela útil (2,4 m²); se expresó como gramos de semilla por metro cuadrado.

Rendimiento medio de semillas por umbela, para su cálculo se dividió el rendimiento de semilla limpia por el número de umbelas cosechadas en la respectiva parcela; se expresó como gramos de semilla por umbela.

El análisis de calidad de las semillas se realizó en el Laboratorio “José Crnko” de la EEA La Consulta, para ello se tomó una muestra de 25 g de semilla de cada parcela. En el laboratorio se determinaron el porcentaje de plántulas normales germinadas a los seis días, el poder germinativo a los doce días (%) y el peso de mil semillas (g). Todas las pruebas se realizaron siguiendo las normas internacionales (ISTA, 2021).

El estudio estadístico de las variables se efectuó mediante el análisis de la varianza ($P \leq 0,05$) en forma separada para cada temporada. Las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de LSD ($P \leq 0,05$). También se hicieron correlaciones por temporada entre las variables respuestas. Para efectuar los análisis estadísticos se empleó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

La evolución de la emisión de escapos se graficó en un eje de coordenadas indicando el valor medio de escapos emitidos en las cinco repeticiones de cada tratamiento y la fecha de recuento.

3. Resultados y discusión

Los cultivos cumplieron normalmente su ciclo en las tres temporadas, aunque en la 2019-2020 hubo caída de granizo durante la fase de llenado de las semillas (día 03/12/19) que produjo daños en hojas, tallos florales y umbelas. El registro de las temperaturas medias mensuales, máximas y mínimas, y las lluvias mensuales de cada año de ensayo se presentan en la Tabla 1.

Table 1: Average monthly maximum and minimum temperatures and monthly rainfall of the years 2018, 2019 and 2020 in La Consulta, Mendoza, Argentina. Data from the Agrometeorological Station La Consulta of the National Institute of Agricultural Technology (INTA).

Tabla 1: Temperaturas medias mensuales máximas y mínimas y lluvias mensuales de los años 2018, 2019 y 2020 en La Consulta, Mendoza, Argentina. Datos tomados en la Estación Agrometeorológica La Consulta del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Mes/Año	T° media máxima (°C)			T° media mínima (°C)			Lluvias (mm)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Enero	31,1	31,1	32,7	13,5	12,9	16,5	16,6	16,9	13,7
Febrero	30,6	29,9	28,7	12,9	13,0	14,0	62,2	36,5	97,6
Marzo	28,1	25,2	29,6	7,3	9,8	13,9	0,0	16,7	4,5
Abril	24,0	24,6	23,3	7,0	8,7	7,6	13,0	9,4	4,0
Mayo	18,0	18,2	19,9	3,5	4,0	2,5	24,7	23,0	13,5
Junio	13,5	15,4	14,0	-2,5	0,0	-1,1	9,0	4,4	20,5
Julio	11,3	15,3	13,1	-3,1	-0,2	-0,4	9,5	0,0	35,8
Agosto	17,5	17,9	17,6	0,0	0,0	-1,2	2,0	0,0	0,0
Setiembre	23,0	20,2	22,8	4,2	3,3	3,2	0,9	13,8	2,0
Octubre	23,4	16,0	24,6	6,8	7,0	7,0	36,2	21,4	5,4
Noviembre	26,9	29,1	28,1	10,1	13,3	12,1	80,0	11,3	24,2
Diciembre	28,9	30,9	30,8	11,3	14,1	13,0	21,9	38,5	0,6

El número de plantas por metro cuadrado al comienzo de la floración no fue afectado por los tratamientos de AG₃, obteniéndose los siguientes valores medios y coeficientes de variación: 17,1 plantas.m⁻² (CV 13,0 %); 15,4 plantas.m⁻² (CV 8,0 %) y 17,9 plantas.m⁻² (CV 6,5 %), en la primera, segunda y tercera temporada respectivamente. Estas densidades son las recomendadas para el método y la cultivar empleada (Gaviola, 2020).

La emisión de escapos florales por unidad de superficie fue superior en el testigo respecto del resto de los tratamientos durante los primeros 10 a 12 días de iniciada esta fase. Transcurrido ese lapso, el número de varas florales comenzó a ser superior en los tratamientos en que se aplicó AG₃. Finalmente, el mayor número de escapos se alcanzó con la dosis más alta, decreciendo a medida que se disminuyó ésta (Figura 1). Mushtaq *et al.* (2018) también hallaron la mayor emisión inicial de escapos en el testigo. Brewster & Butler (1989), mencionan que la fecha de aparición de los escapos florales es más tardía en las plantas tratadas con AG₃ que en las testigos sin tratar.

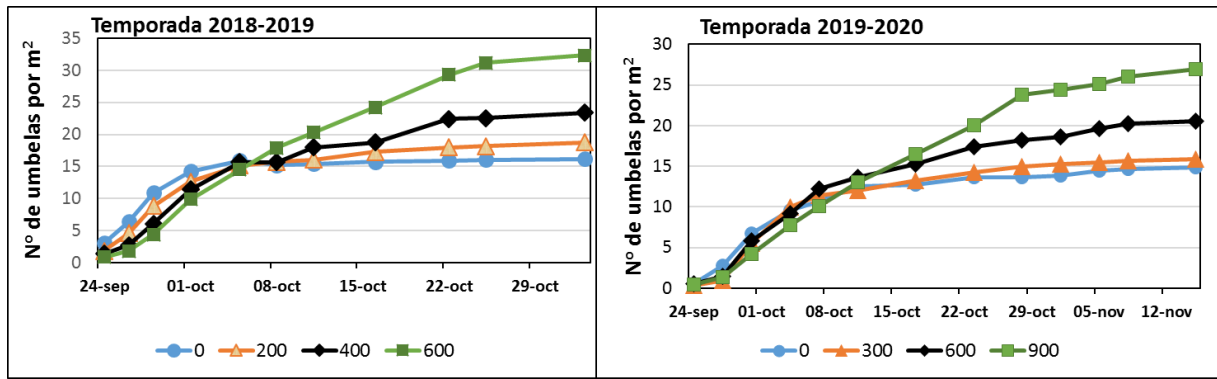


Figure 1: Evolution of umbel number per unit area (mean value of the five repetitions) according to season (2018-2019 or 2019-2020) and AG₃ dose applied (0-200-400-600 mg.L⁻¹ or 0-300-600-900 mg.L⁻¹) in onion cv. Valcatorce INTA. Mendoza, Argentina, 2022.

Figura 1: Evolución del número de umbelas por unidad de superficie (valor medio de las cinco repeticiones) según temporada (2018-2019 ó 2019-2020) y dosis de AG₃ aplicada (0-200-400-600 mg.L⁻¹ o 0-300-600-900 mg.L⁻¹) en cebolla cv. Valcatorce INTA. Mendoza, Argentina, 2022.

El incremento de la dosis de AG₃ provocó el aumento del número de umbelas por planta en las tres temporadas (Tabla 2). Se destaca que con el uso del método semilla-semilla esta cultivar normalmente produce un escapo floral por planta, raramente dos (Gaviola, 2020). Los tratamientos testigos se aproximaron a este valor medio, sin embargo, con las dosis mayores se incrementó significativamente. Este resultado evidencia que esta hormona aplicada en la etapa de crecimiento vegetativo y antes de la vernalización, promueve la diferenciación de una cantidad superior de inflorescencias. Según Shishido & Saito (1984), el AG₃ adelanta la diferenciación de yemas florales por activación de los meristemas luego de producida la vernalización. Brewster & Butler (1989), también obtuvieron una mayor floración en cebollas resistentes a la floración (*overwintered*) aplicando AG₃ sobre plantas en crecimiento, aunque este resultado varió entre las cultivares probadas y algunas de éstas sólo respondían elongando el tallo floral. El mayor número de umbelas por planta se correlacionó negativamente con el rendimiento de semilla por umbela y peso de 1000 semillas y positivamente con el rendimiento de semillas por unidad de superficie en las dos temporadas iniciales (Tabla 3).

El rendimiento de semilla por unidad de superficie en la primera y segunda temporada fue máximo con la mayor dosis de AG₃, superando al testigo en un 38,2 % y 47,4 % respectivamente (Tabla 2). El bajo rendimiento de la temporada 2019-2020 fue consecuencia de la caída de granizo que se produjo en la etapa de llenado de semillas. Ruggeri & Branca (1994), con el método semilla-semilla en las condiciones de clima templado de Sicilia, Italia, obtuvieron incrementos en el rendimiento de semillas aún mayores a los mencionados, superando hasta en un 98 % al testigo cuando se usó la máxima dosis de AG₃ (400 mg.L⁻¹).

Table 2: Effects of the application of different doses of gibberellic acid (AG₃), on onion cv Valcatorce INTA, on umbel number per plant, seed yield per unit area and per plant and thousand-seed weight. Data according to season. Mendoza, Argentina, 2022.

Tabla 2: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de ácido giberélico (AG₃), en cebolla cv Valcatorce INTA, sobre el número de umbelas por planta, el rendimiento de semilla por unidad de superficie y por planta y el peso de mil semillas. Datos según temporada. Mendoza, Argentina, 2022.

Temporada	Dosis AG ₃ (mg.L ⁻¹)	Nº umbelas por planta	Semilla (g. m ⁻²)	Semilla por umbela (g)	Peso de mil semillas (g)
2018-2019	0	0,96 b	124,3 b	7,73 a	3,324 a
	200	0,99 b	121,8 b	7,07 ab	3,341 a
	400	1,28 b	115,5 b	5,63 ab	3,030 b
	600	1,85 a	171,8 a	5,26 b	3,065 b
	CV %	20,8	24,0	24,90	4,8
2019-2020	0	0,84 b	54,2 b	4,14 ab	3,647 a
	300	0,90 b	62,1 ab	4,57 a	3,763 a
	600	1,15 b	62,8 ab	3,54 bc	3,651 a
	900	1,68 a	80,2 a	3,12 c	3,601 a
	CV %	21,6	24,7	18,90	3,9
2020-2021	0	1,04 c	113,9 ab	6,41 a	3,914 a
	300	1,38 bc	133,8 a	5,58 ab	3,845 ab
	600	1,52 ab	118,7 ab	4,39 bc	3,742 bc
	900	1,84 a	112,5 b	3,44 c	3,684 c
	CV %	22,0	12,9	20,50	3,1

Same letters in the same season and variable indicate that there are no significant differences according to the LSD test ($P \leq 0.05$). CV = variation coefficient.

Letras iguales en la misma temporada y variable, indican que no hay diferencias significativas según prueba LSD ($P \leq 0,05$). CV= coeficiente de variación.

Por otra parte en la temporada 2020-2021 el mayor rendimiento de semilla por unidad de superficie se alcanzó con la dosis de 300 mg.L⁻¹ y el más bajo se obtuvo con la dosis de 900 mg.L⁻¹ (Tabla 2). Si bien el testigo no se diferenció del tratamiento de mayor rendimiento, este último alcanzó un valor 17,4 % superior. En esta temporada se observó una alta correlación negativa entre número de umbelas por planta con el rendimiento de semillas por umbela (Tabla 3). El tratamiento de 900 mg.L⁻¹ produjo la mayor cantidad de umbelas por planta, al igual que la temporada anterior, pero su rendimiento por unidad de superficie fue bajo (Tabla 2).

La producción de semilla por umbela alcanzó el máximo valor con el tratamiento testigo y el menor con las máximas dosis de AG₃ aplicadas (Tabla 2). Esta variable se correlacionó positivamente con el peso de mil semillas y negativamente con el número de umbelas por planta (Tabla 3). Este resultado se contrapone al hallado por Mushtaq *et al.* (2018), en Pakistán, empleado la cv. Dark Red y el método bulbo-semilla, quienes determinaron que el rendimiento de semilla por umbela en el testigo sin tratar fue inferior respecto del pulverizado con AG₃ a una dosis de 100 mg.L⁻¹.

Table 3: Pearson's correlation coefficients (r) and their probability (p) between variables of seed production in onion cv Valcatorce INTA, according to the season. Mendoza, Argentina, 2022.

Tabla 3: Coeficientes de correlación de Pearson (r) y su probabilidad (p) entre variables de producción de semilla en cebolla cv Valcatorce INTA, según la temporada. Mendoza, Argentina, 2022.

Temporada 2018-2019	r	P
sem.umb ⁻¹ * P1000	0,84	0,0001
upl * sm2	0,61	0,0004
upl * P1000	-0,57	0,008
sem.umb ⁻¹ * upl	-0,56	0,0096

Temporada 2019-2020	r	P
upl * sm2	0,82	0,0001
sem.umb ⁻¹ * P1000	0,63	0,003
sem.umb*upl	-0,43	0,05

Temporada 2020-2021	r	P
sem.umb ⁻¹ * upl	-0,89	0,0001
P1000 * upl	-0,77	0,0001
sem.umb ⁻¹ * P1000	0,75	0,0001

Variables: seed yield per umbel (sem.umb⁻¹); umbel number per plant (upl); seed yield per unit area (sm2); thousand-seed weight (P1000). (+) Only correlations with probability ≤ 0.05 are included.

Variables: rendimiento de semilla por umbela (sem.umb⁻¹); número de umbelas por planta (upl); rendimiento de semilla por unidad de superficie (sm2); peso de mil semillas (P1000). (+) Se incluyen sólo las correlaciones con probabilidad $\leq 0,05$.

El peso de mil semillas disminuyó con el aumento de las dosis de AG₃ en dos de las tres temporadas (Tabla 2). Singh *et al.* (1995), en la India y con el método bulbo-semilla, no hallaron efectos sobre esta variable con dosis de AG₃ de 150 y 300 mg.L⁻¹ ni tampoco Ruggeri y Branca (1994), en Italia, con el método semilla-semilla y dosis de 200 y 400 mg.L⁻¹. El estudio de las correlaciones indicó que el aumento de umbelas por planta inducidas por la aplicación de esta hormona se relacionó negativamente con el peso de mil semillas (Tabla 3).

El porcentaje de plántulas normales germinadas a los seis días y la germinación final medida a los 12 días, no tuvieron variación por efecto del AG₃ (Tabla 4). Las diferencias en el peso de semillas no se correspondieron con variación en la germinación. Moreno (2020), en su estudio sobre el vigor de lotes de semilla de cebolla, tampoco halló diferencias en la germinación a campo entre lotes con diferente peso de semillas.

Table 4: Average values and variation coefficient of the percentage of normal seedlings germinated at six days and final germination at 12 days, according to season. Mendoza, Argentina, 2022.

Tabla 4: Valores medios y coeficiente de variación del porcentaje de plántulas normales germinadas a los seis días y la germinación final a los 12 días, según temporada. Mendoza, Argentina, 2022.

Temporada	Recuento a seis días (%)	CV (%)	Germinación (%)	CV (%)
2018-2019	85,5	4,1	88,2	3,8
2019-2020	93,7	3,3	94,1	2,7
2020-2021	95,7	2,0	97,2	1,3

CV = variation coefficient.

CV= coeficiente de variación.

4. Conclusiones

En la producción de semilla de cebolla cv Valcatorce INTA, por el método semilla-semilla, la pulverización foliar del cultivo con ácido giberélico incrementa el número de umbelas por planta. En las dos primeras temporadas el mayor rendimiento de semilla por unidad de superficie se logró con la mayor dosis probada, 600 o 900 mg.L⁻¹ de AG₃, aplicada 125 o 127 días desde la siembra en el almacigo. Los resultados obtenidos deberían ser validados con otras cultivares y/o regiones de producción.

5. Agradecimientos

Al laboratorio de semillas “José Crnko” de la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, INTA, por los análisis de calidad de las muestras de semilla enviadas.

A la Ing. Agr. Débora Lavanderos por el apoyo brindado en el manejo de la fertirrigación del cultivo.

6. Bibliografía

Branca, F. & Ruggeri, A. (1994). Reproductive response of onion seed plants to photothermal conditions. *Acta Horticulturae* 362:25-34.

Brewster, J.L. & Butler, H.A. (1989). Inducing flowering in growing plants of overwintering onions: effects of supplementary irradiation, photoperiod, nitrogen, growing

medium and gibberellins. *Journal of Horticultural Science* 64(3):301-312.

Dalmasso, J. (2016). Influencia del déficit hídrico en diferentes etapas fenológicas sobre el rendimiento y calidad del zapallo (*Cucurbita moschata* Duch. cv. Cokena INTA). Tesis de Maestría. Maestría en Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad

- Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 93 p.
- D'Angelo, C.J. & Goldman, L. (2018). Temporal aspects of vernalization and flowering in long-day storage onion. *Journal of American Society of Horticultural Science* 143(6):446–453. 2018. <https://doi.org/10.21273/JASHS04495-18>.
- Della Gaspera, P.G. & Portela, J.A. (2021). Principales factores que influyen en la diferenciación floral y el cuaje de frutos en zapallo (*Cucurbita* spp.). *Horticultura Argentina* 40 (102): May. - Ago. 2021. ISSN de la edición *on line* 1851-9342. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/u6utsyho8>.
- Devi, J.; Singh, R & Walia, I. (2018). Effect of foliar application of GA3 and NAA on onion – a review. *Plant Archives* 18 (2): 1209-1214 e-ISSN: 2581-6063 (online), ISSN: 0972-5210.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M. & Robledo, C. (2018). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Gaviola, J.C. (2020). Producción de semillas hortícolas. 1° Ed. Buenos Aires. Ediciones INTA. 98 p. (en PDF). ISBN 978-987-8333-46-5 (digital).
- INASE. (2022). Instituto Nacional de Semillas (Argentina). Catálogo Nacional de Cultivares: cebolla cultivar Valcatorce INTA, registro N° 956. <https://gestion.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones>.
- ISTA. (2021). International Rules for Seed Testing 2021. Cultivar https://www.seedtest.org/en/international-rules-for-seed-testing-_content---1--1083.html.
- Khatun, L.; Karim, M.; Talukder, F.U.; Rahman, M. & Jahan, I. (2020). Vernalization and gibberellic acid response in summer onion's (*Allium cepa* L.) reproductive phases. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 1: 7-14. 10.26480/taec.01.2020.07.14.
- Larocca, C. (2012). Cebolla. Dirección de Mercados Agrícolas Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 5 p. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/pdfs/58/CEBOLLA_ORIGINAL.pdf.
- Maurya, A.N. & Lai, S. (1975). Effect of plant regulators on the growth and development of onion (*Allium cepa* L.) seeds with low temperature and IAA on the growth, chemical composition and yield of bulb. 1 Arab weed control Conf. st., p 209-228.
- Moreno, F.O. (2020). Evaluación del vigor en semilla de cebolla. Tesina de Licenciatura en Biología. Universidad del Aconcagua. Ciclo de Licenciaturas San Pedro Nolasco. Mendoza. Argentina. 39 p.
- Mushtaq, S.; Amjad, M. & Ziaf, K. (2018). Gibberellins application timing modulates growth, physiology, and quality characteristics of two onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Environ Sci Pollut Res* 25, 25155–25161. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2542-9>
- Olszewski, N.; Sun, T.P. & Gubler, F. (2002). Gibberellin signaling biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell*. V 14: 61-80. <https://doi.org/10.1105/tpc.010476>.
- Ruggeri, A. and Branca, F. (1994). Sowing date and GA3 in onion seed production. *Acta Horticulturae* 362, 35-42. DOI: 10.17660/Acta Hort.
- Shishido, Y. & Saito, T. (1984). Effects of Plant Growth Regulators on Low Temperature Induction of Flower Buds in Onion Plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1984 Volume 53 Issue 1 p 45-51.
- Shukla, N.; Mondal, S.; Dikshit, S.N.; Trivedi, J.; Tamrakar, S. & Sharma, P. (2010). Effect of different concentration of GA3 and NAA and their methods of application on growth

- and yield of onion. *Progressive Horticulture*. 42(1): 225-230.
- Singh, S.; Singh, K. & Singh, S.P. (1995). Effect of hormones on growth and yield characters of seed crop of Kharif onion (*Allium cepa* L.). *Indian. J. Plant Physiol.*, 38(3): 193-196.
- Thakur, O.; Kumar, V. & Singh, J. (2018). Pruning and Gibberellic Acid on the Growth and Yield Attributes of Onion (*Allium cepa* L.) var Agrifond Light Red. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(1): 976-981. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.117>.
- Van der Meer, Q.P. & Van Bennekom, J.L. (1973). Gibberellic acid as a gametocide for the common onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica* 22: 239–243. <https://doi.org/10.1007/BF00022631>.
- Waghmond, H.S.; Patil, R.S. & Pandure, B.S. (2010). Effect of biofertilizer and gibberellic acid on yield contributing character of onion. *International Journal of Agricultural Sciences*. 6(2): 392-394.
- Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.