



## Uso de bacterias ácido lácticas en el tratamiento de pre-germinación para comprobar la dormición de semillas de espárrago

Pre-germination treatment with lactic acid bacteria to verify asparagus seed dormancy

Esteffany Dávila Rivera<sup>1</sup>; Alexander Chávez Cabrera<sup>2\*</sup>; Cecilia Emperatriz Figueroa Serrudo<sup>1</sup>; Kryss Aracely Vargas Gutiérrez<sup>2</sup>; Fabian Camilo Velásquez Leveau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina 15024, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Innovación Agraria, Av. La Molina 1981, La Molina-Lima, Perú.

Autor corresponsal: [achavezcab@yahoo.com](mailto:achavezcab@yahoo.com) (A. Chávez Cabrera).

ORCID de los autores

E. Dávila Rivera <https://orcid.org/0009-0009-9446-9902>

C. E. Figueroa Serrudo <https://orcid.org/0000-0002-3800-132X>

F. C. Velásquez Leveau <https://orcid.org/0009-0001-2641-8873>

A. Chávez Cabrera <https://orcid.org/0000-0003-3412-6851>

K. A. Vargas Gutiérrez <https://orcid.org/0000-0001-7977-2828>

### RESUMEN

El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) es una planta de importancia económica y nutricional, especialmente en Perú. Las semillas de espárrago presentan una capa exterior dura que retrasa su germinación. El objetivo de este estudio fue verificar si existe dormancia en semillas de espárrago del híbrido UC-157 F<sub>2</sub> y revisar la potencialidad de cuatro pretratamientos de germinación para superar una posible dormancia. Los tratamientos fueron bacterias ácido lácticas (BAL), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nitrato de potasio, (KNO<sub>3</sub>), ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) y un testigo (sin tratamiento). El mayor porcentaje de germinación (80%) y mayor uniformidad en crecimiento de plántulas se registró en semillas tratadas con BAL (sin significancia con el testigo) y KNO<sub>3</sub>, y el menor con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se observaron raíces atrofiadas y plántulas menos desarrolladas con AG<sub>3</sub> y KNO<sub>3</sub>. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para semillas no germinadas (frescas, duras y muertas). El porcentaje promedio de viabilidad mediante Tetrazolio fue 79%. Las semillas del cultivar en estudio no poseen dormancia porque la germinación obtenida con el mejor pre tratamiento (BAL) no difiere de la obtenida con el testigo. En el futuro los productos comerciales basados en BAL podrían sustituir a los fungicidas químicos pues favorecen la germinación sin provocar efectos negativos en las semillas.

**Palabras clave:** *Asparagus officinalis*; bacterias ácido lácticas; ácido sulfúrico; nitrato de potasio; ácido giberélico.

### ABSTRACT

The objective was to verify dormancy in asparagus (*Asparagus officinalis*) seeds of UC-157 F<sub>2</sub> hybrid and to review the potential of four germination pretreatments to overcome a possible dormancy. The treatments were: lactic acid bacteria (LAB), sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>), gibberellic acid (GA<sub>3</sub>), and a control (without treatment). The highest germination percentage (80%) and greatest uniformity in seedling growth were recorded in seeds treated with LAB (without significance with the control) and KNO<sub>3</sub>, and the lowest with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Atrophied roots and less developed seedlings were observed with AG<sub>3</sub> and KNO<sub>3</sub>. No significant differences between treatments for non-germinated seeds (fresh, hard, and dead). The average viability percentage by Tetrazolium was 79%. The seeds of the cultivar under study do not show dormancy because the germination obtained with the best pretreatment (LAB) does not differ from that obtained with the control. In the future, commercial products based on LAB could replace chemical fungicides because they promote germination without causing negative effects on the seeds.

**Keywords:** *Asparagus officinalis*; lactic acid bacteria; sulfuric acid; potassium nitrate; gibberellic acid.

## 1. Introducción

*Asparagus officinalis* L. es la especie de espárrago de mayor importancia económica y nutricional (Encina & Regalado, 2022; Sallam et al., 2023). Posee altas propiedades medicinales (Deepti et al., 2018). Se cultiva a nivel mundial, con una producción anual de 8,8 millones de toneladas en 1,6 millones de hectáreas cosechadas, siendo China el mayor productor con 7,7 millones de toneladas en 1,5 millones de ha (FAOSTAT, 2024).

Para el Perú el espárrago es muy importante pues ocupa el cuarto lugar en el ranking de las agroexportaciones (MIDAGRI, 2024). En 2004 se cosecharon 18912 ha y actualmente alrededor de 32700 ha (29377 en promedio). En el mismo periodo, el rendimiento promedio fue 11, t/ha en promedio, y la producción 337518 t (Agro Perú Informa, 2024; FAOSTAT, 2024).

El espárrago posee mecanismos de latencia muy marcada en los brotes o turiones (Yamaguchi & Maeda, 2015; Yamaguchi & Maeda, 2020; Short & Wolyn, 2022; Hanagasaki & Nakasone, 2023), y, se ha detectado algún tipo de dormición en las semillas, que conduce a una variación en la germinación, afectando el manejo del cultivo (Conversa et al., 2010; Deepti et al., 2018).

Las semillas dormantes tienen una capa exterior dura que retrasa su germinación, por esta razón se deben remojar en agua por 16 a 24 horas a 25 °C antes de sembrar (Tillman et al., 2019).

La dormición es un mecanismo muy complejo y, en determinados casos, es necesaria la aplicación de algún pretratamiento para superarlo, como el uso de ácido giberélico (Conversa et al., 2010; Deepti et al., 2018; Alcántara et al., 2019), nitrato de potasio (Alboresi et al., 2005; Deepti et al., 2018), ácido sulfúrico (Sánchez et al., 2017), y el

uso de bacterias ácido lácticas (BAL), principalmente *Lactobacillus* sp. (Lamont et al., 2017).

El objetivo de esta investigación fue verificar si las semillas de espárrago del cultivar UC-157 F<sub>2</sub> poseen dormancia y revisar la potencialidad de cuatro pretratamientos para superar una posible dormancia.

## 2. Metodología

La investigación se realizó en el Laboratorio Nacional de Investigación de Semillas del Instituto Nacional de Innovación Agraria, en La Molina, Lima-Perú. Se utilizaron semillas de un lote de segunda generación del híbrido UC-157 F<sub>2</sub> de *A. officinalis*.

### Prueba de germinación

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo (Tabla 1), con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. El porcentaje de germinación (emergencia de radícula) se determinó después de siete días y a los 28 días se contaron las plántulas normales y anormales, y semillas muertas, frescas y duras (ISTA, 2022).

### Prueba de viabilidad

Se realizó una prueba de Tetrazolio en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo (Tabla 1), con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una (ISTA, 2003).

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para probar la significancia ( $p < 0,05$ ) de los resultados, utilizando el software SAS 9.2 (SAS Institute). Todos los pares de medias se compararon utilizando el método HSD (Honestly Significant Difference) propuesto por Tukey.

**Tabla 1**

Tratamientos aplicados a semillas de espárrago del híbrido UC-157 F<sub>2</sub>

Tratamiento	Concentración	Elaboración	Tiempo de imbibición	Modo de aplicación
Bacterias ácido lácticas (Ecovida)	0.5%	5 mL + 995 mL de agua	40 min	A la semilla
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	0.2%	2 g × 1 L de agua	...	Al substrato
Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	75%	765.3 mL + 234.7 mL de agua	10 s	A la semilla
Ácido giberélico (AG <sub>3</sub> )	0.1%	1 g × 1 L de agua	...	Al substrato
Testigo	---	---	---	---

### 3. Resultados y discusión

#### Prueba de germinación

El mayor porcentaje de germinación se obtuvo cuando las semillas fueron tratadas con bacterias Ecovida y  $\text{KNO}_3$ , y el menor porcentaje con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Tabla 2).  $\text{KNO}_3$  y  $\text{AG}_3$  provocaron menor número de plántulas normales, en comparación con Ecovida y el testigo. El promedio más alto (80%), acompañado de mayor uniformidad en el crecimiento de las plántulas, se obtuvo con Ecovida, sin diferir significativamente con el testigo (Tabla 3 y Figura 1). No se incluyen los resultados del tratamiento con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  debido a que fue retirado del estudio antes del día 10, por no generar plántulas normales y porque las semillas muertas estuvieron contaminadas por hongos. No se encontraron diferencias significa-

tivas entre tratamientos para la categoría de semillas no germinadas (semillas frescas, duras y muertas). El porcentaje promedio de semillas frescas fue inferior al 4% (Tabla 3).

**Tabla 2**

Germinación (%) de semillas de espárrago del cultivar UC-157 F<sub>2</sub> sometidas a cuatro pretratamientos y un testigo, 7 días después de la siembra

Tratamiento	Promedio
Bacterias ácido-lácticas (Ecovida)	82 A
Nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ )	81 A
Testigo	73 B
Ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ )	60 C
Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	19 D
CV (%)	3,57
HSD	4,92
R <sup>2</sup>	0,99

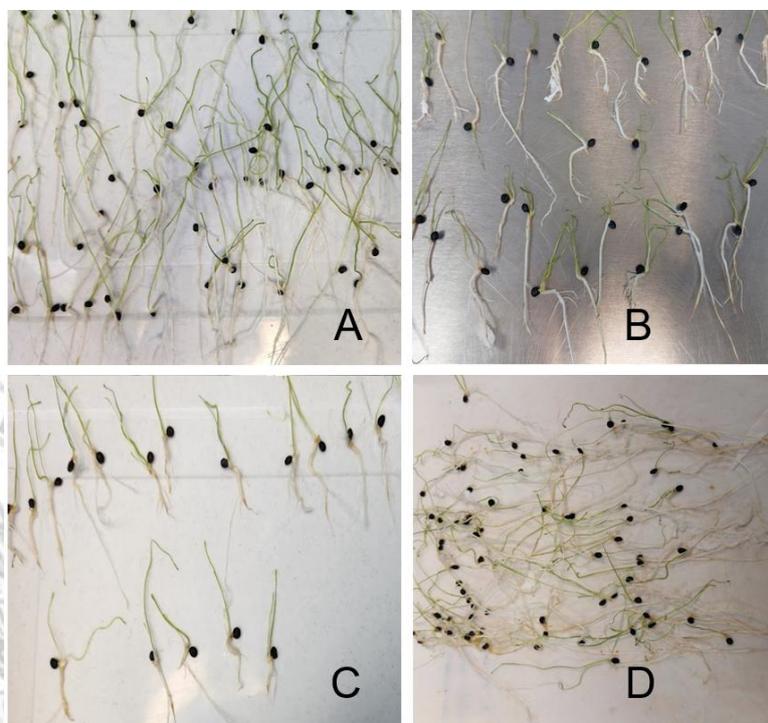
Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tuckey ( $p=0,05$ ).

**Tabla 3**

Porcentaje de plántulas normales, anormales y semillas no germinadas (frescas, duras y muertas) a los 28 días de la siembra

Tratamiento	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas no germinadas		
			Semillas frescas	Semillas duras	Semillas muertas
Ecovida	80 A	13 B	2 A	5 A	0 A
Testigo	76 A	16 B	3 A	6 A	0 A
$\text{KNO}_3$	34 B	57 A	4 A	4 A	2 A
$\text{AG}_3$	33 B	61 A	2 A	4 A	0 A
HSD	7,09	4,56	4,01	3,44	2,40
R <sup>2</sup>	0,98	0,99	0,00	0,04	0,33

Medias con una letra común en la vertical no son significativamente diferentes según la prueba de Tuckey ( $p=0,05$ ).



**Figura 1.** Comparativo de la germinación de los tratamientos aplicados a semillas de espárrago del híbrido UC-157 F<sub>2</sub>. La fotografía A pertenece al tratamiento con bacterias ácido lácticas (Ecovida o BAL), B al tratamiento con nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), C al tratamiento con ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ), y D al testigo. No se incluye el tratamiento con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), porque fue retirado del estudio antes del día 10, por no generar plántulas normales y porque las semillas muertas estuvieron contaminadas por hongos. El promedio más alto de germinación, acompañado de mayor uniformidad en el crecimiento de las plántulas, se obtuvo con Ecovida, sin diferir significativamente con el testigo.

### Prueba de viabilidad

El promedio de viabilidad mediante la prueba de Tetrazolio fue de 79%. Al compararse este resultado con el 76% de germinación del testigo (Tabla 3), se concluye que no hay evidencia que demuestre dormición en las semillas de espárrago del cultivar UC-157 F<sub>2</sub> estudiadas.

### Tratamiento con bacterias ácido lácticas – BAL (Ecovida)

La ISTA no menciona tratamientos con microorganismos en semillas en general, por lo que la interacción de las BAL con la dormición es objeto de investigación. Los resultados de la prueba de germinación del presente estudio, aplicando Ecovida, coinciden con los realizados por diversos autores, pero en especies diferentes (Tabla 4).

Todas las semillas importadas del cultivar UC-157 F<sub>2</sub> fueron tratadas con fungicidas como requisito

para su ingreso al país. A pesar de esto, el testigo tuvo un porcentaje de germinación menor que el tratamiento con Ecovida, lo que indica que la aplicación de BAL favoreció el aumento de la germinación. Esto sugiere que en el futuro los productos comerciales basados en microorganismos como las BAL podrían sustituir a los fungicidas químicos.

### Tratamiento con nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>)

El uso de KNO<sub>3</sub> fue estudiado por Ali et al. (2020) en semillas de dos cultivares de tomate (*S. lycopersicum*) con 0,75% de KNO<sub>3</sub>, obteniendo alta emergencia tanto en cámara de crecimiento como en inver-nadero. Otro estudio con semillas de tres geno-tipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) remojadas en una solución al 1% de KNO<sub>3</sub>, resultó en una aceleración de la emergencia y crecimiento de las plántulas (Shehzad et al., 2012).

**Tabla 4**

Literatura revisada sobre pretratamiento de semillas de diversas especies con bacterias ácido lácticas (BAL).

Nombre común	Nombre científico	Bacterias utilizadas	Comentario de los resultados logrados	Cita bibliográfica
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	Ecovida (BAL)	En el futuro los productos comerciales basados en BAL podrían sustituir a los fungicidas químicos, pues favorecen la germinación sin provocar efectos negativos en las semillas.	Dávila et al. (2024). Presente estudio.
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	<i>Pseudomona protegens</i> y <i>Pseudomona putida</i>	Dieron resultados positivos en la germinación (80%)	Macías-Holguín et al. (2023)
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	<i>Weissella cibaria</i> y <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>	Potencial probiótico. Posibilidad de que el consorcio bacteriano se explote como bioinoculante para promover el crecimiento de las plantas e inhibir los fitopatógenos que causan enfermedades en las plantas.	Mohammad-Fahrlazri et al. (2022)
Trigo	<i>Triticum</i> sp.	<i>Lactobacillus</i> sp. (10 cepas)	Todas lograron mayor germinación respecto al testigo, pero una de ellas ( <i>Lactobacillus plantarum</i> 5) favoreció la mayor germinación (93%).	Turaeva et al. (2021)
Trigo	<i>Triticum</i> sp.	Ecovida	Aumento en la germinación al tratar las semillas con microelementos antes de la siembra.	Salgado et al. (2021)
Maní	<i>Arachis hipogaea</i>	<i>Lactobacillus</i> sp. (3 cepas)	Mayor bioestimulación de la germinación, el crecimiento de las plántulas, en comparación con las semillas tratadas con fungicida químico y las no tratadas.	Nguyen & Le (2021)
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Ecovida	Mayor germinación en todos los tratamientos respecto al testigo.	Anguiano et al. (2017)
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	<i>Rhodobacter sphaeroides</i> (bacteria fotosintética)	Generó un mayor crecimiento vegetal, un aumento significativo de AG <sub>3</sub> y una disminución del ácido abscísico (ABA), que cuando fueron inoculadas con <i>L. plantarum</i>	Kang et al. (2015)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	BAL	Pueden inhibir hongos fitopatógenos ( <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>R. solanacearum</i> ) y lograr un mayor desarrollo de la planta	Abdel et al. (2014)
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. cv Odessa plum	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Se estimuló la germinación de tomates con baja capacidad germinativa, remojando sus semillas 6 h en suspensiones de 9 cepas de <i>Lactobacillus plantarum</i> .	Limanska et al. (2013)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Ecovida	Las semillas inoculadas alcanzaron 57% de germinación y las no inoculadas solo 34%.	Lutz et al. (2012)
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Cepas de BAL	No solo logró suprimir el patógeno del marchitamiento ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ) sino que también mejoró la calidad de la germinación y el vigor de las plántulas	Murthy et al., 2012

Estos resultados se deben al aumento metabólico y la disponibilidad de nitrógeno y potasio en la semilla, además del aumento de  $\alpha$ -amilasas que hidrolizan el almidón y aportan azúcares para el desarrollo del embrión (Shafiei & Ghobadi, 2012). Se debe tener en cuenta que los resultados positivos se obtuvieron remojando las semillas con  $\text{KNO}_3$  en momentos específicos. En el presente estudio, el  $\text{KNO}_3$  estuvo permanentemente en contacto con el sustrato. Esto causó daños en el desarrollo y tamaño de las raíces, aumentando el número de raíces atrofiadas, disminuyendo el número de plántulas normales (Tabla 3). Este resultado concuerda con las observaciones de Marín et al. (2007), quienes informan que la aplicación de  $\text{KNO}_3$  inhibió la germinación en semillas de cebolla (*Allium cepa*), dando un menor porcentaje de germinación que el testigo y un mayor porcentaje de plántulas anormales. Deepti et al. (2018) encontraron 96.7% de germinación cuando las semillas de *A. racemosus* se estratificaron en caliente (35°C) seguidas de remojo en 1% de  $\text{KNO}_3$ . En un estudio realizado con semillas de dos cultivares de trigo tratadas con  $\text{KNO}_3$ , Shafiei & Ghobadi (2012) demostraron que con una concentración del 1,0% se obtenía un mayor porcentaje de germinación, pero al aumentar la concentración ese porcentaje disminuía para ambos cultivares. La inmersión de semillas de *A. cepa* en 50,5 mg/L de  $\text{KNO}_3$  afecta negativamente el vigor de las plántulas (Herrera et al., 2011). Ruttanaruangboworn et al. (2017) descubrieron que aumentando la concentración de  $\text{KNO}_3$  se retrasa la imbibición de las semillas en arroz (*Oryza sativa*). Cuando se excede la concentración de  $\text{KNO}_3$  se generan efectos negativos sobre la germinación como se demuestra en este estudio. Sin embargo, la aplicación excesiva de  $\text{KNO}_3$  a semillas de *Delphinium denudatum*, una planta medicinal procedente de Asia, es eficaz para su germinación (Prakash et al., 2023). Entre cultivares y variedades de una misma especie, el  $\text{KNO}_3$  no siempre responde de la misma manera. Por ejemplo, la aplicación de 0,2% de  $\text{KNO}_3$  fue efectiva para la germinación de tres cultivares de chile (*Capsicum* sp.), sin embargo, uno de ellos tuvo un mayor porcentaje de germinación que los otros dos (Andrade & Laurentin, 2015). Por otro lado, el  $\text{KNO}_3$  contribuye en la mitigación de la dormición y el aumento del porcentaje de germinación en varias especies. Así, Choudhury & Bordolui (2022) reportan buenos resultados en semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con  $\text{KNO}_3$  a una concentración de 100 ppm durante 8

horas. Sin embargo, Tapfumaneyi et al. (2023) señalan que en semillas de amaranto o kiwicha (*Amaranthus* sp.) y *Cleome gynandra*, que tienen dormición física y fisiológica, el  $\text{KNO}_3$  en concentraciones de 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 y 0,5% no dio resultados positivos para romper dicha dormición. Está comprobado que el tratamiento con  $\text{KNO}_3$  no siempre será efectivo en todas las especies.

#### Tratamiento con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

La mayoría de las semillas tratadas con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tenían hongos a su alrededor. El  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tiene la capacidad de adelgazar la cubierta de la semilla para mejorar el intercambio de gases con el embrión (Sánchez et al., 2017). Sin embargo, cuando la concentración y el tiempo de remojo no son los adecuados, como aparentemente ocurrió en este estudio, el ácido destruye la cubierta de las semillas permitiendo la entrada de patógenos, provocando la muerte de éstas. En el presente estudio, la concentración de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fue del 75% y la duración del remojo de solo 10 s, resultando en un porcentaje de germinación muy bajo, lo que indica que la alta concentración del ácido predispuso la muerte de las semillas.

La aplicación de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 80% durante 5 min a semillas de *Abrus precatorius* L., cuya dormición es alta, favoreció que siete tipos de hongos infectaran las semillas (Nikhade, 2017). Este tratamiento suele tener efectos negativos como la muerte de las cariopsis. Sin embargo, otros estudios reportan que en semillas con alta dormición como *Atraphaxis spinosa* y *Euphorbia millii*, especies de arbustos africanos, el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es la mejor opción como tratamiento pregerminativo (Temel et al., 2023). Un estudio sobre semillas de un árbol forestal llamado *Erythrophleum suaveolens* reveló que el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es el mejor tratamiento cuando se trata de la dormición tegumentaria (Douh et al., 2022).

#### Tratamiento con ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ )

La acumulación de nitrógeno en la semilla durante su formación reduce la dormición y también se relaciona con una menor necesidad de  $\text{AG}_3$  para lograr la germinación (Alboresi et al., 2005). En el presente estudio, el tratamiento con  $\text{AG}_3$  también provocó efectos negativos en la germinación, disminuyendo el porcentaje de plántulas normales respecto al testigo (Tabla 3). Aunque  $\text{AG}_3$  juega un papel importante a la hora de acelerar y mejorar la germinación de las semillas, tiene un límite, porque si se excede la concentración de  $\text{AG}_3$  se producen efectos negativos (Vafadust et al., 2022). Esto se observó en semillas de quina

(*Cinchona pubescens*) tratadas con 0,1, 0,2 y 0,3% de  $AG_3$ , cuya germinación fue de 33, 0 y 0%, respectivamente, resultados inferiores al testigo. Por este motivo, Campos et al. (2014) recomiendan tratar las semillas de quina con  $KNO_3$ .

Para superar la dormición en semillas de *Andropogon gayanus*, Feitosa et al. (2015) utilizaron diversas dosis de  $AG_3$ , demostrando que la más adecuada es 225 mg/L, ya que favoreció una máxima germinación. Sin embargo, cuando la dosis aumentó a 300 mg/L, la emergencia de plántulas disminuyó. Conversa et al. (2010) analizaron cuatro lotes de semilla de espárrago silvestre (*Asparagus acutifolius* L.) y encontraron que el  $GA_3$  solo mejoró la germinación de las semillas en uno de los lotes, a una tasa baja, concluyendo que las semillas de *A. acutifolius* se ajustan a las características de una latencia fisiológica no profunda.

La concentración de  $AG_3$  utilizada en el presente estudio no fue la más adecuada. Se ha demostrado que en arveja (*Pisum sativum*) la luz azul aumenta la giberelina inactiva afectando su crecimiento y, en otras especies, la luz roja aumenta la síntesis de giberelina favoreciendo la germinación (Iglesias & Talón, 2013). Al respecto, en muchas semillas las giberelinas reemplazan los requerimientos de luz o frío que necesitan para germinar, por lo que no siempre es necesaria su aplicación (Iglesias & Talón, 2013). Incluso dentro de una misma especie, la dosis de  $AG_3$  puede variar, así lo indica el estudio realizado con cinco genotipos de semillas de okra (*Abelmoschus esculentus*), que al ser remojadas con 0,02% de  $AG_3$ , uno de los genotipos llamado Clemson mostró mayor germinación que los demás (Mekuria, 2023).

### Semillas sin germinar

El porcentaje de semillas frescas fue inferior al 4% (Tabla 3). Cuando este porcentaje supera el 5% se relaciona con dormición fisiológica y para ello es necesario hacer la prueba de viabilidad. Si se demuestra que no son viables, las semillas pertenecen a la categoría de semillas muertas (ISTA, 2022). En este estudio no fue evidente ninguna dormición fisiológica. La dureza seminal es una forma de dormancia. Todos los tratamientos tuvieron un bajo porcentaje de semillas duras (5%). El testigo presentó un porcentaje ligeramente mayor que los demás tratamientos, sin tener diferencias estadísticas significativas con ellos. Esto podría deberse a que el agua, BAL,  $AG_3$  y  $KNO_3$  ayudaron a ablandar la

cubierta de la semilla, permitiendo la entrada de agua y el intercambio de gases. Cabe señalar que la dureza de la semilla está relacionada con la dormición física, esto significa que la cubierta de la semilla no permite que el agua entre al embrión (Matilla, 2013). Por este motivo, se considera que podría existir una ligera dormición física en las semillas de espárrago estudiadas. Complementando la idea anterior, los espárragos pertenecen al orden Asparagales, que se caracteriza por tener fitomelanina en la cubierta exterior de la semilla. Esta sustancia le proporciona a la cubierta exterior el color negro y la dureza característica (Campbell et al., 2016). Esta dureza podría estar relacionada con la dormición. Sin embargo, la ISTA (2022) indica que la dureza de las semillas generalmente ocurre en Fabaceae y no menciona en qué porcentaje se debe considerar la prueba de viabilidad para esta categoría de semillas no germinadas.

### Prueba de viabilidad

La capacidad de germinación de la semilla depende de los factores a los que estuvo expuesta durante su formación, predominando la temperatura sobre la germinación de la semilla y la luz sobre los rasgos de la planta (He et al., 2014; Huang et al., 2014). El fotoperiodo al que está expuesta la planta madre también influye en la dormición de sus semillas y el otro factor es el suelo que influye en la disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, cuando las semillas están fuera de la planta madre, con el tiempo pierden viabilidad, por lo que un factor clave es el almacenamiento adecuado. Es muy probable que la semilla de espárrago utilizada en este experimento haya ido perdiendo viabilidad durante el almacenamiento desde que la semilla fue empaquetada en 2021 hasta que se hizo el estudio en 2022.

Se ha demostrado que el porcentaje de germinación de una semilla depende del manejo que haya recibido la planta madre y del cuidado que se le dé a la semilla después de la cosecha. Además, el grado de dormición que puede presentar está sujeto a varios factores, por lo que es muy variable dentro de una misma especie y mucho más entre especies. En este estudio, aunque no se demostró estrictamente la dormición, se ha comprobado que el testigo no logró superar el 80% de germinación. Esto podría deberse a una disminución en la calidad genética de la semilla al pertenecer a la segunda generación ( $F_2$ ) de un híbrido y a un aumento en la susceptibilidad a enfermedades. Esto fue

observado por Hernández & Moreno (2014) en semillas de *Sorghum bicolor*, quienes no recomiendan la generación F<sub>2</sub> porque la relación beneficio/costo es negativa.

#### 4. Conclusiones

Las semillas de espárrago del cultivar UC-157 F<sub>2</sub> no poseen dormancia porque la germinación obtenida con el mejor pre tratamiento de la semilla (Ecovida o bacterias ácido lácticas) no fue diferente a la obtenida con el testigo.

El pre tratamiento con Ecovida (bacterias ácido lácticas) favoreció la germinación sin provocar efectos negativos en las semillas. Esto sugiere que en el futuro los productos comerciales basados en bacterias ácido lácticas podrían sustituir a los fungicidas químicos. En este sentido, se recomienda realizar un estudio donde se compare un tratamiento con BAL y los fungicidas usados comúnmente durante la siembra de espárrago, a fin de comprobar si los resultados obtenidos en el presente estudio son útiles.

#### Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por el Proyecto de Inversión Pública 2361771 "Mejoramiento de la disponibilidad, acceso y uso de semillas de calidad de: papa, maíz amiláceo, leguminosas de grano y cereales, en las regiones de Junín, Ayacucho, Cusco y Puno. 4 departamentos" del Instituto Nacional de Innovación Agraria de Perú (INIA), con la contratación de los autores afiliados al INIA.

#### Referencias bibliográficas

- Abdel-Aziz, S., Moustafa, Y., Hamed, H., & Elkhateeb, Y. (2014). Lactic Acid Bacteria in the Green Biocontrol against some Phytopathogenic Fungi: Treatment of Tomato Seeds. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 4(12), 1-9.
- Agro Perú Informa. 2024. Exportaciones de espárragos peruanos cierran el 2023 con precios al alza. Tomado de: <https://www.agroperu.pe/exportaciones-de-esparragos-peruanos-cierran-el-2023-con-precios-al-alza/>
- Alborese, A., Gestin, C., Leydecker, M. T., Bedu, M., Meyer, C., & Truong, H. N. (2005). Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant Cell Environment*, 28(4), 500-512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01292.x>
- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, D., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129.
- Ali, M. M., Javed, T., Mauro, R., Shabbir, R., Afzal, I., & Yousef, A. (2020). Effect of Seed Priming with Potassium Nitrate on the Performance of Tomato. *Agriculture*, 10, 10.3390/agriculture10110498.
- Andrade, S., & Laurentin, H. (2015). Effect of potassium nitrate on seed germination of three sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars. *Revista UNELLEZ Ciencia y Tecnología*, 33, 25-29.
- Anguiano, S. J. M., Anguiano, C. J., & Palma, G. J. M. (2017). Inoculation of substrate with lactic acid bacteria for the development of Moringa oleifera Lam plantlets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2).
- Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., Donoghue, M. J., & Judd, W. S. (2016). *Plant systematics: A Phylogenetic Approach*. Fourth edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Campos, J., Cerna, L., & Chico, J. (2014). Efecto del ácido giberélico, nitrato de potasio y agua de coco en la germinación de semillas de quina, *Cinchona pubescens*. *Rebiolest*, 2(1), 1-12.
- Choudhury, A., & Bordolui, S. (2022). Inducement of Seed Priming with Potassium Nitrate on quality Performance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) *Biological Forum – An International Journal*, 14(4), 779-783.
- Conversa, G., Lazzizzera, C., & Elia, A. (2010). Effects of after-ripening, stratification and GA3 on dormancy release and on germination of wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.) seeds. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 196-202. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.025>
- Deepti, P., Nima, T. B., Jai, S. C., & Yogesh. K. N. (2018). Effect of stratification and different soaking treatments on dormancy release and germination of *Asparagus racemosus* seeds. *Vegetos*, 31(1). <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2018.00022.8>
- Douh, C., Ekomono, C., Kessimo, R., & Koubouana, F. (2022). Nursery germination trial of Tali seeds, *Erythrophleum suaveolens* (Guill. & Perr.) Brenan. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6), 2611-2620.
- Encina, C. L., & Regalado, J. J. (2022). Aspects of In Vitro Plant Tissue Culture and Breeding of Asparagus: A Review. *Horticulturae*, 8(5): 439. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050439>
- FAOSTAT. Organización para la Agricultura y la Alimentación, Naciones Unidas, Roma. (2024). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Feitosa, F., Júnior, I., David, A., Rodrigues, B., Damascena, N., Araujo, E., & Amaro, H. (2015). Efeito dos reguladores giberelina e citocinina na quebra de dormência de sementes de capim-andropogon. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(1), 34-40.
- Hanagasaki, T., & Nakasone, H. (2023). Maximizing marketable yield of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivated in Miyako Island, Okinawa, Japan: Strategies for a typhoon-prone subtropical region. *Fruits*, 78(4), 1-9. <https://doi.org/10.17660/th2023/013>
- He, H., Souza, V. D., Snoek, L. B., Schnabel, S., Nijveen, H., Hilhorst, H., & Bentsink, L. (2014). Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, 65(22), 6603-6615. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru378>
- Hernández, L., & Moreno T. (2014). Análisis de las generaciones F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> de híbridos experimentales y comerciales de sorgo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(1), 49-59.
- Herrera-Corredor, C., Carrillo-Castañeda, G., González-Hernández, V. A., Carrillo-Salazar, J. A., Peña-Valdivia, C. B., & García-Nava, J. R. (2011). Tratamientos químicos para recuperar la germinación en semillas de cebolla. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 63-72.
- Huang, Z., Footitt, S., Finch, S., & William, E. (2014). The effect of temperature on reproduction in the summer and winter annual *Arabidopsis thaliana* ecotypes Bur and Cvi, *Annals of Botany*, 113(6), 921-929. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu014>
- Iglesias, D. J., & Talón, M. (2013). Giberelinas. In: J. Ascon-Bieto y M. Talón. (Eds.). *Fundamentos de la fisiología*. 399-417. McGraw-Hill - Interamericana de España, s. l.
- ISTA. International Seed Testing Association. (2003). *Tetrazolium Testing Handbook. Asparagus, Liliaceae*. v.1, (1st.ed).
- ISTA. International Seed Testing Association. (2022). *International Rules for Seed Testing*, Zürichstr, Bassersdorf, Suiza.
- Kang, S. M., Radhakrishnan, R., You, Y. H., Khan, A. L., Park, J. M., Lee, S. M., & Lee, I. J. (2015). Cucumber performance is improved by inoculation with plant growth-promoting microorganisms. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 65(1), 36-44
- Lamont, J. R., Wilkins, O., Bywater, E. M., & Smith, D. (2017). From yogurt to yield: Potential applications of lactic acid bacteria in plant production, *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.015>
- Limanska, N., Ivanytsia, T., Basiul, O., Krylova, K., Biscola, V., Chobert, J., Ivanytsia, V. O., & Haertlé, T. (2013). Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato

- seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(5), 1587–1595. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1200-y>
- Lutz, M. P., Michel, V., Martínez, C., & Camps, C. (2012). Lactic acid bacteria as biocontrol agents of soil-borne pathogens. *Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens*, 78, 285-288.
- Macías-Holguín, C., Canchignia-Martínez, H., Delgado-Basurto, V., Paucar-Nieto, F., Arellano-Ibarra, K., & Cedeño-Moreira, A. (2023). Efectos de la co-inoculación de Bioformulados (PGPR's) sobre el porcentaje de germinación y promover el crecimiento en plántula de papaya (*Carica papaya* L.). *Manglar*, 20(2), 149-155. <http://dx.doi.org/10.57188/manglar.2023.017>
- Marín, S. J., Mejía, C. J. A., Hernández, L. A., Carballo, C. A., & Peñam, L. A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 63-71. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n1/v33n1a7.pdf>
- Matilla, A. (2013). Desarrollo y germinación de las semillas. In: Ascon-Bieto, J. and Talón, M. (Eds.). *Fundamentos de la fisiología*. McGraw-Hill - Interamericana de España, s. l., p. 537-556.
- Mekuria, B. S. (2023). Effect of Seed Priming Methods on Seed Quality of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Genotypes. *Advances in Agriculture*, 2023: 1-9. <https://doi.org/10.1155/2023/3951752>
- MIDAGRI. (2024). MIDAGRI: Perú batió récord de exportaciones agrarias superando los US\$ 10 mil millones en ventas. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/903081-midagri-peru-batio-record-de-exportaciones-agrarias-superando-los-us-10-mil-millones-en-ventas>
- Mohammad-Fahrulazri, J., Nurfaten Farhanah, R., Mohd, T. Y., Noor, B. S., Norhayati, R., Nur, A. I. M. Z., & Amalia, M. H. (2022). Investigating the potential of endophytic lactic acid bacteria isolated from papaya seeds as plant growth promoter and antifungal agent. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 45(1), 207–233. <https://doi.org/10.47836/pjtas.45.1.12>
- Murthy, K. N., Malini, M., Savitha, J., & Srinivas, CH. V. V. (2012). Lactic acid bacteria (LAB) as plant growth promoting bacteria (PGPB) for the control of wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 18(1), 60-65.
- Nguyen, H. H., & Le, B. T. T. (2021). Use of lactic acid bacteria in peanut seed treatment. *Journal of Technology & Innovation*, 1(1), 20-22. <http://doi.org/10.26480/jtin.01.2021.20.22>
- Nikhade, C. A. (2017). Effect of chemical treatments on *Abrus precatorius* L. seeds. *Cosmos Multidisciplinary Research E-Journal*, 2(1), 68-73.
- Prakash, S., Patni, B., Jangpangi, D., & Chauhan, J. (2023). Estudios sobre germinación de semillas de *Delphinium denudatum* Wall. Ex Hook & Thoms. *Revista trimestral de ciencias biológicas*, 20(2), 255-257.
- Ruttanaruangboworn, A., Chanprasert, W., Thobunluepop, P., & Onwimol, D. (2017). Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 605-613. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61441-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61441-7)
- Salgado, P. T., Myazin, G. N., Kozhokina, N. A., & Brekhov, T. P. (2021). El efecto de los microelementos sobre la germinación de semillas y el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno en el periodo vegetativo. *Prisma Tecnológico*, 12(1), 54-59. <https://doi.org/10.33412/pri.v12.1.2846>
- Sallam, A. R., Hegazi, G. A. M., & Bekheet, S. A. H. (2023). Synthetic seeds for in vitro preservation of *Asparagus officinalis* L. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(72). <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01043-8>
- Sánchez-Soto, B. H., Pacheco-Aispuro, E., Lugo-García, G. A., Reyes-Olivas, A., & García-Moya, E. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaiaecum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana Bot.*, 74(2), 262-268.
- Shafiei, A. M., & Ghobadi, M. (2012). The effects of source of priming and post-priming storage duration on seed germination and seedling growth characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric. Sci.* 4(9), 256-268. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n9p256>
- Shehzad, M., Ayub, M., Ahmad, A. U. H., & Yaseen, M. (2012). Influence of priming techniques on emergence and seedling growth of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(1), 154-158.
- Short, W., & Wolyn, D. (2022). Effects of decreasing photoperiod on cold acclimation of asparagus seedlings. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(4), 875–883. <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0273>
- Tapfumaneyi, L., Dube, P., Mavengahama, S., & Ngezimana, W. (2023). Effect of gibberellic acid and potassium nitrate seed treatments on the emergence and seedling vigor of Amaranth and *Cleome gynandra*. *Agrosyst Geosci Environ*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.1002/agg2.20359>
- Temel, S., Keskin, B., & Çakmakçı, S. (2023). Effect of different dormancy-breaking methods on seed germination and vigour of *Atraphaxis spinosa*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 110(1), 39–46. <https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.006>
- Tillman, M. A. A., Madruga-Tunes, L., & Almeida, A. S. (2019). Análise de Sementes. In: Peske S.T.; Villela, F.A.; Meneghello, G.E. (Eds.) Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Pelotas: Editora Becker & Peske Ltda, p.147-253.
- Turaeva, B. I., Qizi, K. K. F., Soliev, A. B., & Kutlieva, G. J. (2021). Gibberellic and indole acetic acids producing features of bacteria from the genus *Lactobacillus* and their effect on plant development. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 10(3), 681–686.
- Vafadust, M., Mahmoudi, J., & Naseri, B. (2022). Investigation the effect of priming treatments on germination characteristics of *Trifolium resupinatum*. *Journal of Seed Research*, 12(2), 24-32. <https://doi.org/10.30495/jsr.2023.1978072.1245>
- Yamaguchi, T., & Maeda, T. (2015). Effect of High-Temperature Treatments on the Breaking of Dormancy in One-Year-Old *Asparagus* (*Asparagus officinalis* L.). *Environ. Control Biol.*, 53(1), 2326, 2015. <https://doi.org/10.2525/ecb.53.23>
- Yamaguchi, T., & Maeda, T. (2020). Asparagus production from autumn to winter in Japan: current status and novel techniques of the Fusekomi forcing culture. *Acta Hortic.* 1301, 11-116 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1301.16>

