



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias
Experimentales

Nuevas técnicas pre-germinativas para mejorar el vigor de las semillas y su tolerancia al estrés ambiental

Autor: Antonio Jesús Galián Moreno

Grado: Biología

Fecha: 02/07/2024



CREEA

RESUMEN	2
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. ¿Qué es el seed priming?	4
1.2. Tipos de seed priming	6
1.2.1. <i>Hidrocebado</i>	7
1.2.2. <i>Osmocebado</i>	8
1.2.3. <i>Imprimación de matriz sólida</i>	9
1.2.4. <i>Biocebado</i>	10
1.2.5. <i>Quimiocebado</i>	11
1.2.6. <i>Termocebado</i>	12
1.2.7. <i>Seed priming y fitohormonas</i>	13
1.2.8. <i>Perspectivas moleculares del seed priming</i>	14
1.3. Seed priming para mejorar la productividad frente al estrés	15
1.4. Seed priming para mejorar la producción agrícola	16
2. OBJETIVOS	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4. RESULTADOS	18
4.1. Análisis de artículos en técnicas de hidrocebado	18
4.2. Análisis de artículos en técnicas de osmocebado	20
4.3 Análisis de artículos con la técnica con imprimación de matriz sólida	24
4.4 Análisis de artículos con la técnica de biocebado	26
4.5. Artículos relacionados con el quimiocebado	29
4.6. Artículos relacionados con el termocebado	30
4.7. Técnicas del seed priming utilizando fitohormonas	33
5. DISCUSIÓN	35
6. CONCLUSIONES	40
7. BIBLIOGRAFÍA	42

Resumen:

La agricultura ha sido siempre una de las bases para obtener alimento en la población humana y debido a la creciente población, se deben desarrollar nuevas técnicas germinativas, como el cebado de semillas (“seed priming”) que nos permite mejorar el vigor y calidad de estas. Existen numerosos tipos de cebado de semillas en función de numerosas características como la semilla, el sustrato... etc, desde el hidrocebado hasta el cebado con hormonas, pasando por el cebado de matriz sólida. Se llevará a cabo una revisión sobre los diferentes tipos que existen de técnicas pre-germinativas, a través de la consulta de una serie de artículos que tratan sobre ellos y las mejoras o descubrimientos que sus autores han investigado. Es fundamental conocer esta información, ya que su correcta aplicación puede ocasionar beneficios futuros a largo plazo, tanto para nosotros como para el ecosistema.

Palabras claves: cebado de semillas, hidrocebado, quimiocebado, osmocebado, biocebado, imprimación de matriz sólida, termocebado, fitohormonas

Abstract

Agriculture has always been one of the bases for obtaining food in the human population and due to the growing population, new germination techniques must be developed, such as seed priming, which allows us to improve the vigor and quality of are. There are numerous types of seed priming depending on numerous characteristics such as the seed, the substrate... etc., from hydropriming to priming with hormones, including solid matrix priming. A review will be carried out on the different types of pre-germination techniques that exist, through the consultation of a series of articles that deal with them and the improvements or discoveries that their authors have investigated. It is essential to know this information, since its correct application can cause future long-term benefits, both for us and for the ecosystem.

Key words: seed priming, hydropriming, chemopriming, osmopriming, biopriming, solid matrix priming, thermopriming, fitohormones

1.INTRODUCCIÓN

Desde siempre, la agricultura ha sido una actividad muy importante para la humanidad, ya que provocó un importante cambio en la mentalidad humana, pasando de un estilo de vida de subsistencia cazadora-recolectora a otro tipo de vida más sedentario, basada en la cría de animales para el ganado (ganadería) y el cultivo de una serie de especies vegetales seleccionadas como productivas conocida como agricultura. Estos cambios junto con las nuevas tecnologías han permitido llegar a una sociedad altamente desarrollada (<https://fundacionpalarq.com>)

En cuanto a la agricultura, cabe destacar que las plantas tienen numerosas interacciones entre ellas, algunas son beneficiosas para su crecimiento, por el contrario, otras son perjudiciales. Estas interacciones se llaman interacciones alelopáticas, y se definen como un fenómeno por el cual organismos que estén próximos entre sí, generan compuestos que influyen en el desarrollo, supervivencia o crecimiento de otros seres vivos. Como hemos comentado anteriormente, estas interacciones se conocen como alelopatías positivas y alelopatías negativas. Estos compuestos pueden liberarse de forma volátil, a través de lixiviados o lavado de las hojas, descomposición de la hojarasca o exudación radicular (<https://www.fao.org/4/y5031s/y5031s0f.htm>)

También es importante destacar que un efecto alelopático no es totalmente perjudicial o totalmente beneficioso dependiendo de su concentración, o el tipo de suelo en el que se libera el alelopático, o si este compuesto es degradado, lixiviado o inactivado por la planta receptora .

Los ecosistemas modificados por el hombre son los llamados agroecosistemas. En estos ecosistemas es donde el ser humano realiza las actividades antes mencionadas, y donde los agricultores intentan conseguir un rendimiento superior de los cultivos. Las interacciones alelopáticas entre plantas pueden disminuir las plagas productoras de enfermedades, disminuyendo así el uso de compuestos químicos como herbicidas, fungicidas o insecticidas u otros compuestos que tienen efecto residual, que pueden ser perjudiciales para la salud, consiguiendo, de esta manera, una agricultura más ecológica.

Otra manera de aumentar la productividad agrícola, siendo también una técnica respetuosa con el medio ambiente, que influye de manera crucial en la obtención de cultivos, ha sido descubierta en las últimas décadas, y es conocida como el cebado de semillas o “seed priming”, que consiste en humedecer las semillas (con diferentes tipos de compuestos) previamente antes del cultivo, para obtener mejores resultados ya que favorece la uniformidad y velocidad de la germinación

En función de lo que se necesite o se busque, existen numerosas técnicas y tipos de “seed priming”, como son el “hidrocebado”, “osmocebado”, “imprimación de matriz sólida”, “biocebado”, “quimiocebado”, “termocebado”, etc. Por tanto, con el “seed priming” se busca mejorar las condiciones bióticas y abióticas de estos agroecosistemas, reduciendo el impacto que el estrés tiene en el medio ambiente, y también aumentar la productividad. El resultado final sería una mejora agrícola en los campos de cultivo (<https://innoplant.es/2022/03/17/que-es-el-seed-priming/>)

1.1 ¿Qué es el seed priming?

El “seed priming” o cebado de semillas es una técnica utilizada para mejorar el vigor de las semillas. Esta mejora se puede llevar a cabo en muchos aspectos: en términos de potencial de germinación (es decir, aumentando la viabilidad de las semillas), en términos de tolerancia al estrés, también es utilizado para el mantenimiento de semillas, para ayudar a mejorar la conservación de semillas y generar protocolos para su desarrollo.

Los diferentes tipos de “seed priming” son muy variados. Podemos hablar de muchos tipos, en función de características tales como la especie vegetal, la morfología de la semilla, la fisiología de estas, etc. La aplicación de los diferentes tipos de “seed priming” desencadena lo que conocemos como el llamado metabolismo pre-germinativo. Este proceso se lleva a cabo mediante imbibición temprana de las semillas, e incluye procesos variados como la reparación de semillas deterioradas, haciendo hincapié en mecanismos de reparación de integridad del genoma, para facilitar el posterior desarrollo de las plántulas. En esta primera parte se hará un pequeño resumen de los diferentes tipos de “seed priming” que existen actualmente, y de la amplia gama existente en función de los tratamientos de los que se dispone (Paparella et al. 2015)

Actualmente este es un campo que se encuentra en pleno desarrollo, y se necesitan de ideas novedosas y de muchas investigaciones para continuar con su avance. Las diferentes investigaciones multidisciplinares, combinadas con las nuevas herramientas que están apareciendo (del tipo bioinformático, proteómica, metabolómica e ionómica) contribuirán a este desarrollo, aportando nuevas aplicaciones de cebado a otros sectores comerciales. Un ejemplo de estos sectores es el mercado y desarrollo de semillas autóctonas (Fabrissin et al. 2021)

El cebado de semillas es una técnica que se basa principalmente en la rehidratación controlada de semillas que provoca el desencadenamiento de multitud de procesos metabólicos, es decir, el antes mencionado metabolismo pre-germinativo, pero como su nombre indica, sin que se produzca la germinación de la semilla. El cebado por tanto debe pararse antes de que esto ocurra. También, permite un uso más eficiente del agua, con un mayor control de ésta, así como una mayor eficiencia en la cosecha (Hill et al. 2008). También existen evidencias de que el tipo de cebado utilizado en cierta especie vegetal, tiene correlación directa con factores como el tipo de especie vegetal, el genotipo, la fisiología, las semillas de donde provienen, el vigor, etc. (Parera y Cantliffe, 1994). Actualmente el cebado de semillas se utiliza rutinariamente para tratar semillas de vegetales tales como la zanahoria, el puerro, cebolla (Dearman et al. 1987), apio, lechuga, endivia, pimiento y tomate (Parera y Cantliffe, 1994; Di Girolamo y Barbanti, 2012).

El proceso de cebado de semillas consta de tres fases:

- 1) La primera fase se le conoce como fase de imbibición. En este primer paso, las semillas absorben agua rápidamente para reactivar sus procesos metabólicos, con el objetivo de restaurar daños mitocondriales y de ADN.
- 2) La segunda fase es la fase de activación o preparación. Esta es la fase de retraso de la germinación de semillas, éstas semillas ya imbibidas con agua, empiezan a ralentizar sus procesos metabólicos. Sin embargo, aún con el retraso en la germinación, todas las actividades fisiológicas y metabólicas están en su punto máximo durante todo este tiempo: se sintetizan proteínas, ARNm, en general se acumulan moléculas esenciales para la supervivencia. Esta etapa es fundamental, y al mismo tiempo es la última etapa reversible del proceso.

- 3) La tercera y última es la de la germinación de la semilla, que tiene lugar a través de diversos procesos como mitosis y elongación celular (Fabrissin et al. 2021)

Las semillas sometidas al cebado se empapan en la solución (o tratamiento que se quiera aplicar) del agente de cebado que se busque (es decir el tipo de cebado, que explicaremos posteriormente) hasta que complete la fase de activación y luego posteriormente se realiza un secado hasta llegar al contenido de humedad inicial. Después se almacenan y se preparan para usarlos en el futuro. Por lo tanto, el cebado de semillas depende principalmente de las primeras dos etapas de la germinación, donde el contenido de humedad de las semillas se eleva hasta el punto que se quiere controlar, de manera que tengamos las semillas preparadas y aclimatadas al punto que nosotros deseemos. Esto ayuda a reducir el tiempo de germinación, ya que se ha completado las dos fases iniciales y cuando se siembran pueden germinar fácilmente (Selvarani y Umarani, 2011).

Aunque es un tema bastante asimilado en la agricultura, la pérdida de viabilidad de las semillas que ya hayan superado las etapas anteriores, durante el almacenamiento, es un factor limitante para la tecnología actual de cebado de semillas. Un ejemplo, se conoce que el almacenamiento de semillas cebadas en condiciones de alta humedad relativa (HR) durante más de 15 días es perjudicial para la germinación y el crecimiento de arroz (Wang et al., 2015). Se produce una reducción del metabolismo del almidón, debido al consumo de estas reservas de almidón en el endospermo del arroz, aumento de los niveles de peroxidación lipídica y disminución de enzimas antioxidantes. Estas actividades se identifican como las posibles razones detrás de tal degradación. Sin embargo, si las semillas cebadas se almacenan al vacío o a baja humedad relativa o baja temperatura, tales efectos pueden ser evitados durante al menos 60 días de almacenamiento (Hussain et al. 2015).

1.2 Tipos de seed priming

Se hará un breve resumen de los tipos de “seed priming” que se conocen y se utilizan a día de hoy, los cuáles son muy diferentes según tipo de sustancia que se utiliza, y la especie vegetal empleada.

1.2.1. Hidrocebado

Las semillas se remojan en agua bajo unas condiciones óptimas de temperatura (generalmente en un rango entre 5°C-20° C). El hidrocebado es el tipo más antiguo de cebado utilizado, ya que los beneficios de este tratamiento de siembra previa se conocen desde hace mucho tiempo, sin embargo, ahora se aplica con menos frecuencia en comparación con otros métodos más exitosos.

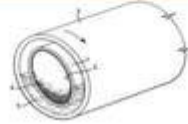
Las semillas se sumergen en agua durante un tiempo determinado, que puede ser varios días. La presencia de este factor en algunas plantas ayuda a mejorar la germinación. En otros casos no es determinante. Es útil en zonas agrícolas donde los cultivos se ven afectados por condiciones climáticas adversas, por ejemplo, sequías, y se busca con este tipo de cebado mejorar la eficiencia de la absorción de agua. Con ello se minimiza también la exposición a productos agroquímicos, que tampoco sabemos cuan perjudiciales pueden ser a largo plazo (McDonald 2000).

El hidrocebado da como resultado una absorción de agua no controlada, ya que depende de la afinidad de la semilla con el agua y el principal punto crítico es encontrar y mantener la temperatura y humedad adecuadas en las condiciones necesarias para evitar la protrusión de la radícula (Taylor et al. 1998). Otro factor limitante del hidrocebado es la falta de hidratación homogénea de las semillas que puede conducir a una desigualdad en la germinación (ya que ciertas zonas puedan quedar deshidratadas (McDonald 2000).

La principal variante del hidrocebado es el 'cebado de tambor', patentado por Rowse (1991) cuyo funcionamiento se basa en un tambor que contiene las semillas, está conectado con una caldera que va generando vapor. Una vez dentro del tambor, este vapor se termina condensando, y genera agua líquida. La máquina es capaz de medir el aumento de la masa relativa de la semilla durante el tratamiento, a partir de la diferencia cuando están sin agua a cuando llega el agua procedente de la caldera. En este caso sí que existe un control estricto del reparto del agua y de la cantidad de agua utilizada en el proceso (Warren et al. 1997).

Drum priming

- This is misting of seed with water and re-drying before they complete germination. Seeds are rotated in a drum with specific amount of water introduced as a fine mist.
- As the seeds absorb water, a sensitive scale monitors increase in seed weight until the desired wet weight is achieved.



Fuente: Seed priming:- A TOOL FOR QUALITY SEED PRODUCTION. Enlace web:<https://es.slideshare.net/slideshow/seed-priming-a-tool-for-quality-seed-production/231480743>

1.2.2. Osmocebado

El osmocebado es un procedimiento de pre-siembra muy extendido que implica un tratamiento de la semilla con soluciones osmóticas a bajo potencial de hidratación, facilitando el control de la captación de agua por parte de la semilla. Durante la imbibición, la entrada excesiva de agua en la semilla se asocia con la progresiva acumulación de especies reactivas de oxígeno (EROs) y daño oxidativo de los componentes celulares (membranas lipídicas, proteínas, ácidos nucleicos). El objetivo principal de este tipo de cebado es limitar el daño oxidativo mediado por los EROs que retrasan la entrada de agua. Por lo tanto, el potencial hídrico del agente osmótico es un parámetro crucial (Heydecker y Coolbear 1977; Taylor et al. 1998).

El agente osmótico principal utilizado en esta técnica es el llamado PEG (polietilenglicol), un compuesto de poliéter con numerosas aplicaciones industriales, disponibles comercialmente con un amplio rango de pesos moleculares. Las características químicas de este compuesto son extremadamente útiles en tratamientos de pre-siembra, ya que la naturaleza inerte de la molécula evita los efectos citotóxicos y su gran tamaño molecular (6000–8000 Daltons) impide la absorción de la molécula en la semilla (Michel y Kaufman, 1973; Heydecker y Coolbear, 1977).

A pesar de estas características favorables, el PEG muestra algunas desventajas cuando se usa a gran escala, debido a los altos costes que supone su uso y su viscosidad extremadamente alta que limita la transferencia del compuesto dentro

de la solución. Hasta la fecha, todas estas limitaciones técnicas se pueden superar utilizando sistemas de aireación eficaces (Bujalski y Nienow, 1991).

Existen otros compuestos que se utilizan actualmente para el osmocebado, por ejemplo, muchas sales inorgánicas de sodio, potasio y magnesio (más comúnmente NaCl, NaNO₃, MnSO₄, MgCl₂, K₂PO₄ y KNO₃) (“cebado salino”) y moléculas orgánicas (por ejemplo, glicerol y manitol), que son menos costosas y más fáciles de airear y eliminar en comparación al PEG. El cebado con estos compuestos puede ser efectivo como los tratamientos con PEG, pero puede desencadenar respuestas considerablemente diferentes, dependiendo de la morfología de la semilla.

Si el agente osmótico no es adecuado o bien no está bien escogido en relación con la permeabilidad de las semillas tratadas, las sales liberadas en la solución de cebado pueden penetrar fácilmente en la semilla, alterando el equilibrio osmótico endógeno. La acumulación incontrolada de iones dentro de las semillas provoca efectos citotóxicos y desequilibrios nutricionales (Bradford, 1995). Existen investigaciones sobre el uso de propionato de sodio, Na(C₂H₅-COO), un conservante de alimentos o agua de mar sintética (una mezcla) de sales minerales que imitan el agua de mar), como alternativa al PEG (Pill, 1995).

1.2.3. Imprimación u osmocebado de matriz sólida

El cebado de matriz sólida se ha desarrollado como una alternativa para superar los altos costos del osmocebado, que necesita grandes cantidades de soluciones osmóticas y sistemas costosos para el control de la aireación y la temperatura.

Además, existe la lógica preocupación relacionada con la eliminación respetuosa de residuos al medio ambiente y eliminación de residuos del agente osmótico después del tratamiento. Se realiza osmocebado principalmente en soluciones líquidas («cebado líquido»), mientras que en el proceso de osmocebado de semillas de matriz sólida se mezclan con sólidos (orgánico o inorgánico) ('imprimación sólida'). Y este sólido es capaz de ajustar el contenido de humedad, lo que permite controlar la absorción de agua (Paparella et al. 2015).

El sustrato utilizado como matriz debe ser elegido con cuidado, ya que puede influir significativamente en el rendimiento del cebado. Son necesarias características específicas para la matriz, ya que esta tiene que ser inerte y no tóxica, con positiva relación superficie-volumen, alta adhesividad de las semillas, bajo potencial matricial, alta capacidad para retener agua, que la solubilidad en agua sea pequeña y facilidad para retirar las semillas después del tratamiento (Khan, 1991; Whalley et al. 2013).

Muchas sustancias naturales se han utilizado como matrices para imprimación sólida, por ejemplo, carbón, aserrín, vermiculita, caolín, carbón vegetal y sustratos comerciales como *AGROLIG* (un producto a base de ácido húmico utilizado para mejorar las características que tiene el suelo).

El tratamiento se lleva a cabo preferentemente en un contenedor que permite la circulación del aire, evitando el exceso de evaporación. El cebado de matriz sólida simula lo natural del proceso de imbibición que ocurre en el suelo, lo que lleva a los mismos resultados obtenidos con imprimación líquida, pero a costes mucho menores. Además, el cebado de matriz sólida se puede integrar mediante el agregado de agentes químicos o biológicos conocidos por mejorar el rendimiento de semillas (McDonald 2000).

El procedimiento evita todos los problemas técnicos asociados con la aireación y permite el tratamiento simultáneo de gran cantidad de semillas a menor coste. Para mejorar el control de la imbibición, la matriz también se puede humedecer con una solución osmótica en lugar de agua pura (Khan 1991).

1.2.4. Biocebado

Este método se basa en la integración de las semillas con microorganismos beneficiosos o moléculas bioactivas. Se sabe que la asociación de plantas con hongos o bacterias específicas nos proporcionan resultados extremadamente beneficiosos, ya que estos microorganismos son capaces de establecer relaciones endófitas con la planta, lo que lleva a la mejora del crecimiento de ésta y la producción de fitohormonas, la mejora de estrés bióticos / abióticos (Waller et al, 2005).

Las cepas principalmente utilizadas para el biocebado pertenecen a *Trichoderma spp.*, *Enterobacter spp.*, *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* (Niranjan et al. 2004). Los tratamientos de biocebado efectivos fueron obtenidos en semillas de hortalizas utilizando la cepa *Trichoderma harzianum*, seguida de *Trichoderma pseudokoningii*, *Bacillus spp.*, *Gliocladium spp.* y *Pseudomonas fluorescens* (Ilyas, 2006).

Se han añadido metabolitos secundarios a la mezcla de cebado y en la mayoría de los casos también fitohormonas como el ácido salicílico (AS), ácido abscísico (ABA) o ácido giberélico (GA) (Hamayun et al. 2010). Estas fitohormonas controlan muchos procesos bioquímicos clave durante la maduración/germinación de las semillas y durante todo el desarrollo de la planta (Radhakrishnan et al. 2013).

1.2.5. Quimiocebado

Este método se logra agregando desinfectantes convencionales, como hipoclorito de sodio (NaOCl) o ácido clorhídrico (HCl), sustancias naturales y agroquímicos (por ejemplo, fungicidas, pesticidas en general) a la solución de cebado para prevenir contaminaciones microbianas (Parera y Cantliffe, 1990).

Aunque los tratamientos con NaOCl y HCl reducen las pérdidas en la germinación causadas por patógenos, varios parámetros como la duración del tratamiento, la temperatura de la solución, edad de la semilla, etc. deben ser evaluados cuidadosamente (Khan 1992). También se usan algunos compuestos naturales con actividad antimicrobiana de amplio espectro, incluidos ácidos orgánicos, aceites esenciales, extractos de plantas crudas y productos lácteos. Todos estos productos se utilizan para la desinfección de semillas principalmente para la producción agrícola (Van der Wolf et al. 2008).

A base de fungicidas se han probado productos para el tratamiento de semillas, como en el caso de Thiram (dimetilcarbamotiosulfanil-N, N-dimetilcarbamoato) mezclado con polímeros PEG con diferentes pesos moleculares para identificar el más adecuado en muchas combinaciones capaces de limitar el deterioro de las semillas (Kaushik et al. 2013).

Del mismo modo, el fungicida sistémico triazol Tebuconazol [(RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-3-(1H, 1, 2, 4-triazol-1-ilmetil)pentan-3-ol] probado en las semillas de maíz (*Zea mays* L.) en forma de microcápsulas a base de etil-celulosa dieron lugar a mayores tasas de emergencia en factores como Peso fresco de la raíz / brote y contenido de carotenoides / clorofila (Yang et al. 2014).

La tecnología actual de quimiocebado se basa en el uso de materiales innovadores para el tratamiento de semillas, por ejemplo, los basados en mezclas de plaguicidas y compuestos hidrolizados de colágeno con propiedades bioactivas que permiten reducir la dispersión de plaguicidas en el medio ambiente.

1.2.6. Termocebado

El tratamiento de semillas a diferentes temperaturas realizado antes de la siembra también se le conoce como "termocebado". Esta técnica se ha demostrado ampliamente que mejora la eficiencia de la germinación en condiciones ambientales adversas, reduciendo la termoinhibición de la germinación de semillas (Huang et al. 2002).

El termocebado se logra mediante pre-siembra de semillas a diferentes temperaturas. Las bajas temperaturas generalmente proporcionan los mejores resultados. Aunque no se aplica tan ampliamente el termocebado a altas temperaturas; sin embargo, se ha utilizado en algunas especies, lo que resulta en ventajas en la germinación, especialmente para plantas adaptadas a climas cálidos (Khalil et al. 1983).

El termocebado en semillas de lechuga ha producido ligeras mejoras en el desarrollo de semillas y las tasas de germinación en suelo salino (Ashraf y Foolad, 2005). Este tratamiento combinado con otros, dio lugar a efectos beneficiosos sobre los parámetros de germinación del abeto blanco (*Picea glauca* L.), suficiente para mejorar las prácticas de vivero para la producción comercial de plántulas (Liu et al. 2013).

Esta técnica es útil para mejorar el crecimiento mediante programas que proporcionan la oportunidad de seleccionar aquellas líneas de plantas con mejor rendimiento de semillas y tolerancia al estrés. Sin embargo, el análisis de

hidrotiempo (es útil para evaluar el estado fisiológico de un lote de semillas, ya que los diferentes parámetros pueden revelar cualquier posible respuesta anormal en términos de germinación de semillas o plántulas en condiciones estresantes) consume mucho tiempo, debido a la necesidad de observaciones repetidas durante todo el período de germinación. Estas restricciones podrían superarse con la ayuda de nuevas herramientas técnicas e innovadoras.

1.2.7. Seed priming y fitohormonas

En muchos casos, las limitaciones ambientales, como la sequía, la salinidad, el calor, el frío y los metales pesados pueden afectar gravemente al crecimiento y desarrollo de las plantas, principalmente en las primeras fases de su desarrollo. Se han dado muchos enfoques en la preparación de las plantas para reducir las limitaciones al estrés, y se han desarrollado diferentes técnicas fisiológicas y no fisiológicas para mejorar la germinación de semillas y dichas limitaciones, siendo la preparación de semillas un método eficaz de bajo costo.

Las hormonas vegetales o fitohormonas son reguladores del crecimiento vegetal. Son moléculas químicas producidas por las plantas que tienen funciones importantes en la regulación, crecimiento y desarrollo de las plantas. Auxinas (AIA), citoquininas (CQ), giberelinas (GAs), ácido abscísico (ABA), ácido salicílico (AS) y etileno (ET) son ejemplo de fitohormonas esenciales. Actúan como mensajeros químicos que modulan procesos celulares en las plantas y coordinan diferentes vías de señalización durante la exposición a numerosos tipos de estreses abióticos. Se conocen muchos estudios que explican que las fitohormonas pueden interactuar para controlar y modular la fisiología de las plantas (Paparella et al. 2015).

La preparación de semillas con soluciones hormonales se le conoce como preparación hormonal, y como hemos mencionado, la preparación de semillas es fundamental. El cebado de estas es una técnica fundamental y muy utilizada para mejorar la calidad y el crecimiento, así como el rendimiento, de las plantas. El objetivo principal de todos estos procesos es claro: unas plantas cada vez más sanas y más productivas en condiciones adversas. En la preparación con fitohormonas, las semillas, se remojan previamente con una concentración óptima

de la fitohormona deseada, que mejora la germinación, el crecimiento de las plántulas y el rendimiento al aumentar la absorción de nutrientes a través de actividades fisiológicas que han sido mejoradas, así como una mejora en la absorción por parte de las raíces (Paparella et al. 2012).

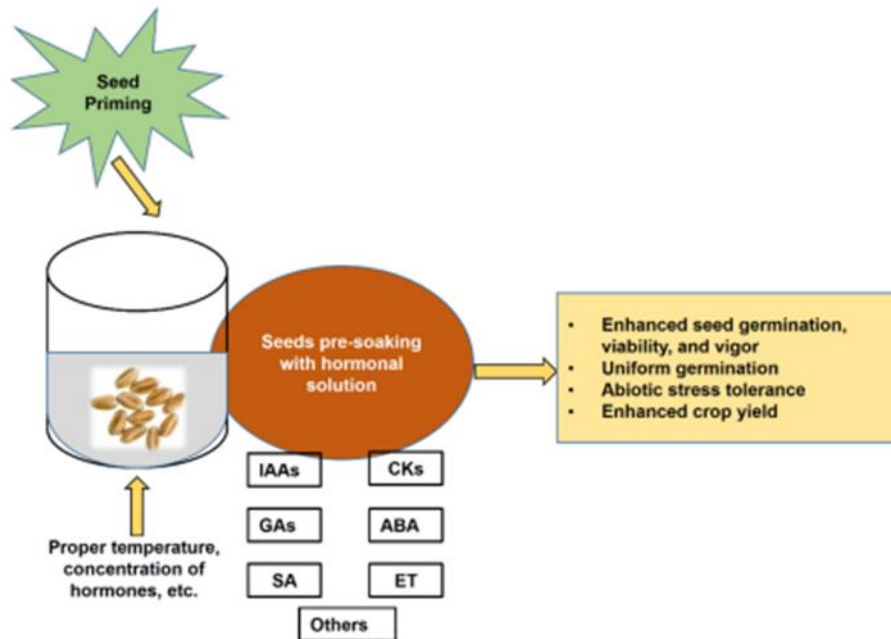


Figura 1. 1. Esquema demostrando los efectos del seed priming con fitohormonas AIA (ácido indol acético), citoquininas (CQs), Giberelinas (GAs), Ácido abscísico (ABA), Ácido salicílico (SA), etileno (ET) (Rhaman et al., 2020)

1.2.8. Perspectivas moleculares del seed priming

Un rasgo tan complejo y difícil de cualificar como la calidad de la semilla influye en la producción de la cosecha, y está confirmado que influye positivamente en las respuestas de la planta a las condiciones adversas del medio. En la mayoría de los casos, la pérdida del vigor de las semillas no está recogida por parte de los productores, y solo se verá detectada después por los agricultores, y será registrado como un fallo de siembra. Por esta razón es fundamental el desarrollo de métodos para el diagnóstico temprano de la calidad de la semilla, y así con esta nueva tecnología poder desarrollar métodos innovadores para el control de la calidad de estas.

Los mecanismos antioxidantes y de reparación del ADN se activan en las semillas tras la rehidratación de esta para minimizar la inhibición del crecimiento y

mutagénesis durante el desarrollo inicial de las plántulas. Para esto es fundamental el estudio de los efectos del agente cebador en la reparación del ADN.

Estos mecanismos son esenciales para definir protocolos de cebado optimizados. El tratamiento prolongado de este agente cebador provoca un aumento de lesiones en el ADN que afecta de manera irreversible a la viabilidad de las semillas. A día de hoy la elección del momento exacto para detener el tratamiento de cebado y deshidratación es complicado y difícil de monitorizar, pero son necesarios para operadores de semillas que trabajan en empresas de semillas y germoplasma, con el objetivo también para que bancos de germoplasma que puedan encontrar avances en costo y tiempo para tratamientos industriales.

Actualmente, como la complejidad de los factores físicos, químicos y moleculares es tan alta, es necesario un conocimiento mejor de la regulación de estos procesos, para asegurar y mejorar la viabilidad de las semillas, encontrando así un equilibrio prooxidante/antioxidante de la germinación de la semilla.

Debido a la complejidad de los factores físicos, químicos y moleculares que contribuyen a la viabilidad de las semillas, se requiere un mejor conocimiento de la red regulatoria que controlan la respuesta al daño del ADN y se obtendrá el equilibrio prooxidante/antioxidante durante la germinación de la semilla. El objetivo es encontrar información que pueda ser trasladada para conseguir protocolos fiables e innovadores de cebado de semillas (Paparella et al. 2015).

1.3 Seed priming para mejorar la productividad frente al estrés

Las plantas son susceptibles a diversos estreses abióticos y bióticos, que afectan a su crecimiento y sus procesos fisiológicos. Gracias al cebado de semillas se han podido solucionar muchos problemas en plantas salvaguardando problemas celulares. A continuación, se expondrán diferentes tipos de cebado de semillas, así como el efecto que tienen en las plantas que son aplicados (Subhabrata et al. 2021).

- Para el hidrocebado se utiliza el agua y microburbujas de agua, que aumentan la germinación de las semillas y reducen el daño oxidativo de las plantas.

- Para el cebado con bioestimulantes se usaron agua de humo, derivados como la karrikinolida, extractos de aguas marinas y ácido húmico. Se estimuló la germinación, se aumentó el vigor de muchas semillas, se mejoró la tolerancia a numerosos tipos de estrés como el salino, resistencia a sequía, estrés a diversas temperaturas, entre otros.

-Para el cebado químico, algunos usados fueron el selenio, seleniato de sodio, o el nitroprusiato de sodio, compuestos que por lo general en bajas dosis potencian la germinación, mejoran la asimilación de nitrógeno, o mejoran la tolerancia a la sequía.

-Para el cebado a partir de hormonas, se usaron algunos reguladores del crecimiento como el ácido giberélico, poliaminas o ácido salicílico.

-También existían otros métodos de cebado como el de nutrientes, cebados redox, con radiación UV, y también el conocido biocebado donde se usan múltiples microorganismos.

Todos estos métodos servirán para mejorar las condiciones de las semillas frente al estrés biótico y abiótico (Paparella et al. 2015).

1.4. Seed priming para la mejora agrícola.

Uno de los grandes retos del cebado de semillas es conseguir mejoras agrícolas para aumentar la productividad de los cultivos, a un menor coste y con una mayor calidad. Para profundizar en el seed priming para la mejora agrícola, se ha utilizado un meta-análisis (Carrillo-Reche et al. 2018) que parte de la premisa de que existen limitaciones en las regiones en desarrollo del mundo (naturales, socioeconómicas etc.) y ello requiere estrategias para poder asegurar la producción de alimentos y la autosuficiencia. Este análisis cuantifica la potencial separación de semillas en granjas para aumentar la producción a escala global. El análisis abarcó un gran número de agroambientes, donde se pudo llevar a cabo la separación de semillas en granjas, y se sacaron varias conclusiones: el preparar las semillas en estas granjas disminuye los efectos que produce la siembra en condiciones fluctuantes, adversas, facilitando el asentamiento y establecimiento del cultivo, resultando en un mejor rendimiento de este. Los efectos son más evidentes en regiones áridas, ya que en estas zonas se experimentó un mayor rendimiento.

También se pudo observar que ciertas tierras marginales pueden beneficiarse de esta intervención, siendo fundamental para agricultores con menor acceso a recursos tales como fertilizantes minerales. El rumbo hacia el que se pretende llegar estas técnicas es la intensificación sostenible de ciertos cultivos en estas zonas marginales, ya que requiere poca tecnificación, conocimiento y recursos, con unos beneficios muy importantes. El análisis acaba con los autores resaltando que existen evidencias para creer que el cebado de semillas puede conseguir el objetivo de la mejora agrícola (Subhabrata et al. 2021)

2. OBJETIVOS

- 1) Entender el concepto de cebado de semillas o “seed priming”
- 2) Conocer las nuevas técnicas pre-germinativas, así como su efecto y respuesta en las plantas
- 3) Recopilación de artículos publicados en los últimos 10 años sobre investigaciones de las nuevas técnicas pre-germinativas en numerosos cultivos y plantas en situaciones abiótica o bióticas.
- 4) Explicar e indagar los resultados obtenidos por la aplicación de nuevas técnicas germinativas en diferentes cultivos agrícolas

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión intensiva en la base de datos Web of Science, donde se buscó información sobre diferentes artículos científicos comprendidos entre el año 2015 y año 2024. La búsqueda de estos artículos se centró en ensayos basados en las nuevas técnicas germinativas, aplicados de diversas formas para beneficiar el crecimiento de las plantas agrícolas, lo que implica por tanto conocer los diversos tipos de estrés a los que las plantas son sometidas, para la posterior aplicación de la técnica germinativa en cuestión. Los términos aplicados fueron en idioma anglosajón. Los recursos utilizados para la preparación de este TFG fueron:

-Web of Science: propiedad del Ministerio de Ciencia e Innovación, gestiona las bases de referencias bibliográficas mundiales, Scopus y Clarivate Analytics. El

acceso a dicha plataforma se soporta mediante las credenciales otorgadas por la Universidad de Jaén. Su enlace de acceso es “recursoscientificos.fecyt.es”.

- **Google académico “Google Scholar”**: es el principal motor de búsqueda del famoso buscador Google, donde podemos encontrar artículos científicos, reviews y todo tipo de información. Su enlace de acceso es “Scholar.google.es”.

- **Springer-Link**: Es un servicio en línea que da acceso a información sobre títulos de revistas, textos, artículos de diversa temática, todo siempre con rigor científico. El enlace de acceso es “link.springer.com”.

-**Pubmed**: es propiedad del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) que a su vez está vinculada a la Biblioteca Nacional de Medicina (NLM). Es otro motor de búsqueda gratuito. Su enlace de acceso es “pubmed.ncbi.nlm.nih.gov”.

Se pudieron extraer y analizar datos según el propio contenido del artículo como tipos de cebado, productividad, estrés abiótico, biótico, resultados de la aplicación de determinados tipos de cebado...etc. Fueron usadas palabras clave como “seed priming”, “biotic stress”, abiotic stress” “improvement of agricultural production”; de donde hemos encontrado numerosos resultados, en el que se muestran avances en el cebado de semillas y aplicación de estos.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de artículos en técnicas de Hidrocebado

-Artículo: **“Effect of physiological priming on stored coffee seeds” (Penido et al., 2021), JOURNAL OF SEED SCIENCE, Volume 43. DOI:10.1590/2317-1545v43246448**

Como se sabe, el cebado de semillas se ha usado para mejorar la calidad de las semillas. En el caso del café es fundamental ya que esta planta tiene una germinación lenta y desigual. El objetivo de este experimento era evaluar el efecto del priming fisiológico (**hidrocebado**) sobre las semillas de café almacenados con diferentes contenidos de agua y observar si existe mejora en la germinación y la calidad de la planta. Se usaron dos variedades de plantas Catuaí Vermelho IAC144 y Topázio MG1190, dos variedades de *Coffea arabica*. Una parte de las semillas

fue secada en somba hasta alcanzar un 12% de humedad. La otra parte no fue secada. Después fueron almacenadas bajo cámara frigorífica durante 9 meses.

Table 1. Seeds water content average values (wb*) of different *Coffea arabica* cultivars obtained after each storage period.

Cultivar	Storage (months)	Moisture (%)	
		Wet	Dry
Catuaí Vermelho IAC 144	0	39.17	12.89
	3	39.16	12.58
	6	39.44	12.99
	9	39.06	12.91
Topázio MG 1190	0	41.01	12.30
	3	41.08	12.15
	6	41.48	12.34
	9	41.11	12.12

wb*: wet base

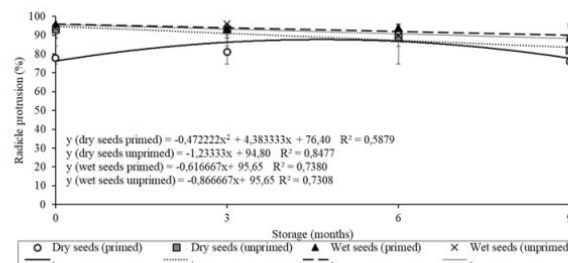


Figure 1. Percentage of radicle protrusion from seeds of *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho with different moisture levels and subjected to physiological priming throughout storage.

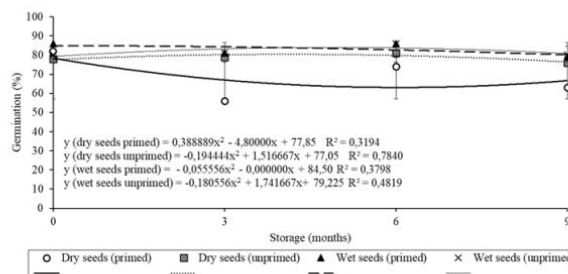


Figure 2. Percentage of germination from seeds of *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho with different moisture levels and subjected to physiological priming throughout storage.

En el primer gráfico podemos observar el porcentaje de protusión de raíces de semillas de *Coffea arabica* variedad Catuaí Vermelho, a diferentes niveles de humedad, y en el segundo gráfico el porcentaje de germinación de la misma variedad, también en semillas a diferentes niveles de humedad. El hecho que las semillas secas tuviesen el contenido de agua tan bajo, al entrar en contacto con agua, provocó daño directo en ellas. Como los investigadores han explicado y vieron en su estudio, las semillas secas presentan menores porcentajes de

germinación y protusión radicular respecto a las semillas húmedas, ambas sujetas a la técnica de hidrocebado.

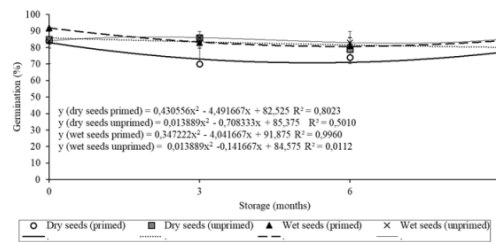


Figure 8. Percentage of germination of seeds *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 with different moisture levels and subjected to physiological priming throughout storage.

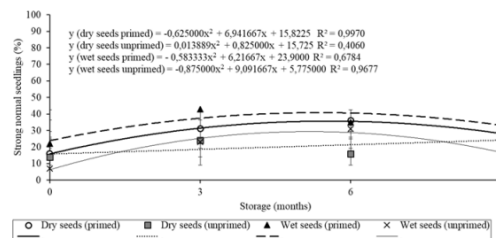


Figure 9. Percentage of strong normal seedlings of seeds *Coffea arabica* cv. Topázio MG 1190 with different moisture levels and subjected to physiological priming throughout storage.

En estos otros gráficos observamos los porcentajes de germinación de semillas de la variedad Topázio a diferentes niveles de humedad y sujeta a cebado fisiológico bajo almacenamiento, y el de semillas normales de la variedad Topázio.

Solo se podían observar diferencias de germinación en ambos tratamientos en los primeros meses de almacenamiento, las semillas cebadas húmedas tuvieron un mayor porcentaje de germinación.

4.2. Análisis de artículos en técnicas de Osmocebado

-Artículo: **“Proline osmopriming improves the root architecture, nitrogen content and growth of rice seedlings”** (Gomes Pereira et al., 2021), **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, volume 33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101998>

En esta tabla se ven detallados los efectos de la prolina en osmocebado en nitrato y amonio, azúcar soluble y aminoácidos en plántulas de arroz. En general, los niveles nitrato, amonio, azúcar soluble y aminoácidos se encontraron en las plántulas control. Una diferencia significativa en los niveles de metabolitos solubles

Seed Treatment	T ₁ **		T ₂₅		MGT		U ₇₅₋₂₅	
Sample I								
U *	1.4	c	1.93	b	2.44	b	0.71	a
F	1.11	b	1.95	b	2.52	b	0.99	a
OS25	0.45	a	1.33	a	1.90	a	1.06	a
OS50	0.48	a	1.40	a	1.97	a	1.06	a
OS100	1.31	bc	1.94	b	2.53	b	0.88	a
OS200	1.07	b	1.90	b	2.46	b	0.97	a
Sample II								
U *	1.94	d	2.59	d	3.13	d	0.83	a
F	2.00	d	2.68	d	3.34	e	0.95	a
OS25	0.99	a	1.75	a	2.23	a	0.85	a
OS50	1.49	b	2.07	b	2.50	b	0.70	a
OS100	1.77	cd	2.31	c	2.81	c	0.72	a
OS200	1.68	c	2.33	c	2.85	c	0.81	a

* for explanations, see Table 1. ** T₁—time to 1% of Gmax (the percentage of germinating seeds), T₂₅—time to 25% of Gmax, MGT—mean germination time, U₇₅₋₂₅—time between 25 and 75% of Gmax. Means in columns followed by the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$ level.

solo pudo ser observada por el contenido en nitrato en el brote imprimado con 5 y 10 mM de prolina.

Effect of proline osmopriming on the emergence of rice seedlings.

Treatments	MT (days)	ES (%)	EI (%)	VI	FEP (%)
1. Control	2.28 ^a	43.97 ^b	27.83 ^b	1406 ^b	100 ^a
2. Hydropriming	1.90 ^b	52.67 ^a	37.11 ^{ab}	1555 ^{ab}	98.33 ^a
3. Proline (5 mM)	2.02 ^b	49.51 ^{ab}	30.28 ^{ab}	1525 ^{ab}	90.83 ^a
4. Proline (10 mM)	1.84 ^b	54.58 ^a	38.72 ^a	1757 ^a	95.83 ^a
5. Proline (20 mM)	1.88 ^b	53.43 ^a	36.22 ^{ab}	1483 ^{ab}	93.33 ^a

Means followed by equal lowercase letters among lines do not differ significantly by the LSD test ($p \leq 0.05$). MT = Mean emergence time, ES = Emergence speed, EI = Emergence index, VI = Vigor index; FEP = Final emergence percentage.

Como se puede observar en este otro gráfico, la prolina ha provocado un aumento en la emergencia de las semillas de arroz. Junto al hidrocebado, han contribuido a un menor tiempo de germinación, al mismo tiempo que aumentó el vigor de las semillas. La osmoprimación a concentración de 10 mM, como hemos mencionado con anterioridad, es la que generó el tiempo de germinación menor en las plántulas.

La emergencia de semillas de arroz fue afectada por el cebado. La prolina, al ser usada a una concentración de 10 mM, favoreció el crecimiento, la cantidad de nitrógeno total y la arquitectura de la raíz.

Table 3
Effect of proline osmopriming on the nitrate and ammonium, soluble sugar, and free amino acids of rice seedlings.

Treatments	Nitrate		Ammonium		Soluble sugar		Amino acids	
	($\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{fm}$)		($\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{fm}$)		(%)		($\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{fm}$)	
	root	shoot	root	shoot	root	shoot	root	shoot
1. Control	0.26 ^{ab}	0.41 ^a	2.16 ^a	2.79 ^a	0.81 ^a	1.28 ^a	8.92 ^a	15.42 ^a
2. Hydropriming	0.28 ^a	0.31 ^b	1.93 ^a	2.21 ^{ab}	0.39 ^b	1.13 ^{ab}	6.55 ^{bc}	10.04 ^b
3. Proline (5 mM)	0.24 ^{ab}	0.13 ^c	1.76 ^a	1.82 ^b	0.50 ^{ab}	0.94 ^b	5.61 ^c	9.64 ^b
4. Proline (10 mM)	0.16 ^{ab}	0.19 ^c	1.82 ^a	2.00 ^{ab}	0.49 ^b	0.88 ^b	7.77 ^{ab}	9.80 ^b
5. Proline (20 mM)	0.11 ^b	0.31 ^b	1.84 ^a	1.61 ^b	0.65 ^{ab}	1.04 ^{ab}	8.14 ^{ab}	9.49 ^b

Means followed by equal lowercase letters among lines do not differ significantly by the LSD test ($p \leq 0.05$).

-Artículo: **Effect of Osmopriming with Melatonin on Germination, Vigor and Health of *Daucus carota L.* Seeds.** (Rosi et al., 2023). **Seed Science and Technology, Poznań University of Life Sciences, Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań, Poland.** DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13040749>

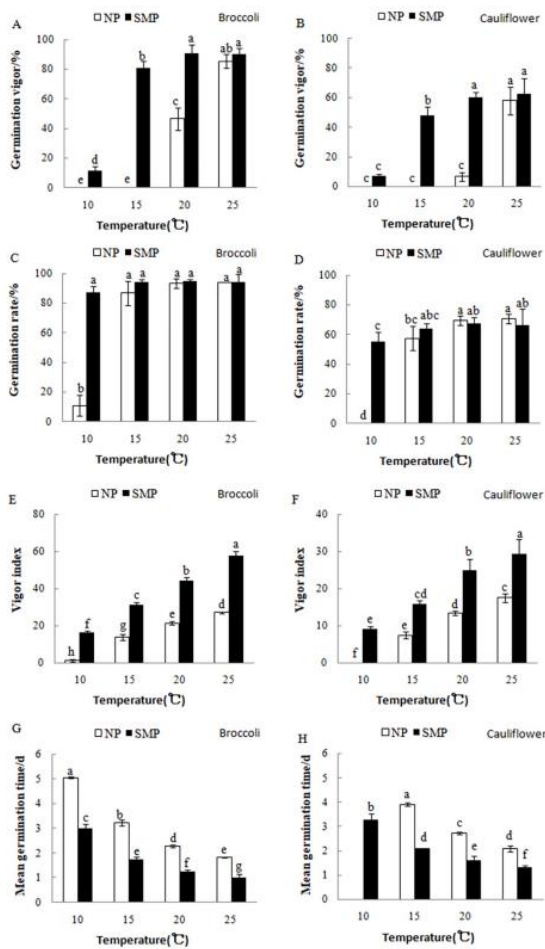
Podemos observar que el tiempo de germinación inicial, a 1% de la germinación máxima (T1), germinan primero las semillas con concentraciones de 25 y 50mM, en T25, este fue mayor en el ejemplo 1 a concentraciones mayores, de 100 y 200, similares a los controles y pesticidas. Aún así no hubo variaciones en la uniformidad de la germinación (U75-25).

Table 3. Effects of osmopriming with the addition of melatonin on the incidence of fungi on *D. carota* 'Amsterdamska' seeds of sample I and seeds free of fungi (%).

Seed Treatment	<i>Alternaria alternata</i>		<i>Cladosporium spp.</i>		<i>Fusarium spp.</i>		<i>Melanospora simplex</i>		<i>Stemphylium botryosum</i>		Non-Sporulating Hyphae		Seeds Free of Fungi	
U *	80.5	d	50.5	c	36.5	e	50.0	b	18.5	ab	11.0	a	1.0	a
F	16.5	a	6.0	a	4.0	a	0.5	a	10.0	a	10.5	a	59.0	b
OS25	51.0	b	37.0	b	20.5	cd	46.5	b	24.5	b	30.5	c	2.5	a
OS50	75.0	cd	40.5	b	22.0	d	42.0	b	27.5	b	50.0	d	1.5	a
OS100	65.0	bc	34.0	b	12.0	b	41.5	b	27.5	b	41.5	d	2.5	a
OS200	61.5	bc	41.5	bc	13.0	bc	39.0	b	24.0	b	19.0	b	0	a

En este otro gráfico que muestra las variaciones que provoca la adición de melatonina en la incidencia de hongos en zanahoria, podemos ver que las no tratadas son afectadas mucho más, hasta un 80% en *Alternaria alternata*, *Cladosporium spp* y *Melanospora simplex*. La aplicación del fungicida fue muy efectiva, reduciendo la presencia de hongos. La aplicación de melatonina no fue tan efectiva como los fungicidas pero si que fue bastante considerable en casos como *Alternaria alternata*. La adición de melatonina a concentraciones entre 25-100mM provocó por ejemplo la disminución de *Cladosporium* de hasta un 10-26.5% respecto a las control (las no tratadas).

El estudio demuestra que el uso de melatonina para el osmocebado en zanahoria,



está bastante relacionado con su concentración, siendo esta de entre 50-200 mM la considerada como óptima y la más alta para que se produzca germinación. Además, se demuestra que también tiene cierto uso como fungicida, y que pueden sustituir a estos, ya que reduce el porcentaje de semillas con síntomas de enfermedad.

La zanahoria es un cultivo básico en Polonia, atacado por patógenos que afectan a la cosecha y al rendimiento de los cultivos. La melatonina (eficaz para aliviar el estrés en plantas) influye positivamente en la protección de la planta contra agentes bióticos y abióticos. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto del osmocebado con melatonina sobre la germinación, el vigor y la salud de las semillas de esta planta. Las semillas de zanahoria fueron osmocebadas en soluciones de polietilenglicol con potencial osmótico de -1.5 MPa a 20°C durante una semana, y luego se añadió melatonina a dosis de 25, 50, 100 o 200 µM. Se pudo observar un aumento de la germinación de la planta tanto al principio como al final (7-14% en la primera y 35-43 en la segunda semana) y se redujo la incidencia de patógenos del género *Alternaria* y *Fusarium*, así como un aumento de hifas no esporulantes. Se aceleró mucho la germinación de las plantas tratadas,

y la adición de melatonina conllevó a un acorte de 0.5 y 1 día respectivamente a cada muestra, obteniendo mejores resultados que el tratamiento con fungicida.

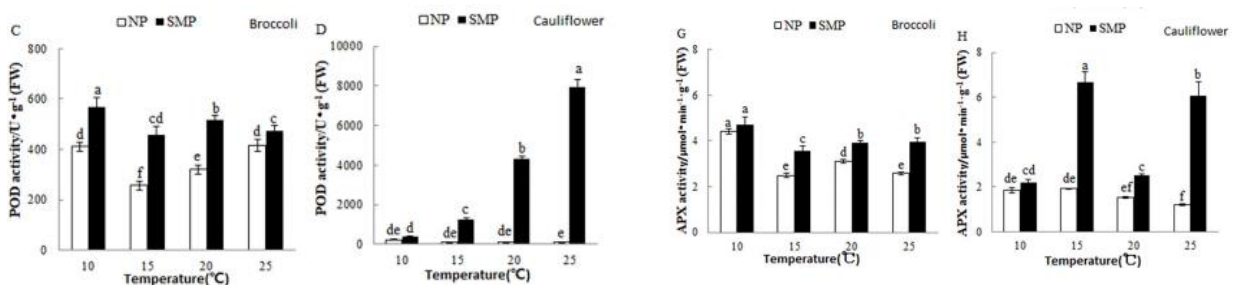
4.3 Análisis de artículos con Imprimación de matriz sólida.

-Artículo: **“Solid matrix priming improves cauliflower and broccoli seed germination and early growth under the suboptimal temperature conditions”**. (Ling-Yun et al., 2022), Horticultural Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai, China, Shanghai, Key Lab of Protected Horticultural Technology, Shanghai, China DOI: / <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275073>

En esta imagen tenemos la diferencia existente entre las semillas imprimadas y las no imprimadas en varios valores: vigor germinativo, ratio de germinación, índice de vigor y la media de tiempo de germinación.

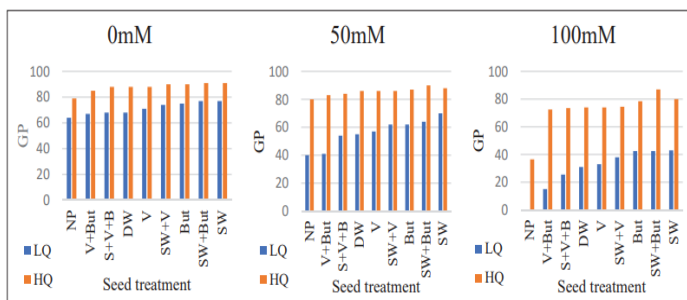
Como bien se puede observar, se aprecian diferencias tales como que en broccoli, las semillas no cebadas ni siquiera germinan. El ratio de germinación es mucho mayor en las cebadas, un vigor superior en las cebadas, inclusive un mayor tiempo de germinación medio en las semillas no cebadas, lo cual deja ver las ventajas de usar este tipo de cebado, ya que el desarrollo es mucho mayor, incluso en condiciones subóptimas.

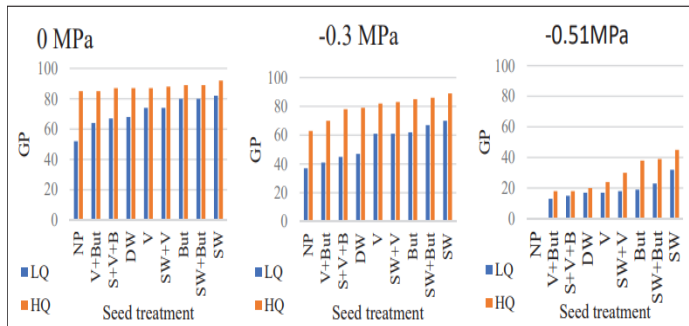
En estos otros gráficos se puede observar la actividad peroxidasa y ascorbato peroxidasa (POD y APX), entre otras, que en ambos casos aumenta como se ha mencionado al realizar el cebado de matriz sólida, respecto a las que no fueron tratadas.



En este estudio se pudo observar los resultados de un tratamiento en coliflor y brócoli con imprimación de matriz sólida, de tal manera que se estudió la germinación en temperaturas subóptimas para la germinación. El tratamiento incluyó la mezcla de vermiculita y agua en proporción 2:3:2.5 (p/p/v) e incubación en oscuridad a 20°C. Se secaron posteriormente. Se esperó a que las semillas cebadas y las no cebadas germinasen, a 10, 15, 20 y 25°C. Posteriormente, se analizaron una serie de parámetros, entre ellos las actividades antioxidantes, y por último se valoró la germinación de los dos grupos (tratadas y no tratadas) en invernadero. Se podía observar que el vigor germinativo, la tasa de germinación y el índice de vigor se redujo significativamente en temperaturas inferiores a las óptimas. En cuanto al tratamiento con matriz sólida, se destaca que aumentó el vigor germinativo y el índice de vigor, y disminuyó el tiempo medio de germinación (a diferencia de las control, en las que el tiempo fue mayor). También el tratamiento aumentó la actividad de la peroxidasa (POD) así como de la ascorbato peroxidasa (APX). Es decir, el artículo recomienda el uso de la imprimación de matriz sólida para la germinación de las semillas de coliflor y brócoli en condiciones subóptimas de temperatura.

-Artículo: **“The effect of solid matrix priming with biostimulants on seed germination and seedling quality of carrot (*Daucus carota* L.) under abiotic stress conditions”** (Muhie and Demir, 2023), *Eur. J. Hortic. Sci.* 88, ISSN 1611-4426 print, 1611-4434 online. DOI: <https://doi.org/10.17660/eJHS.2023/007>





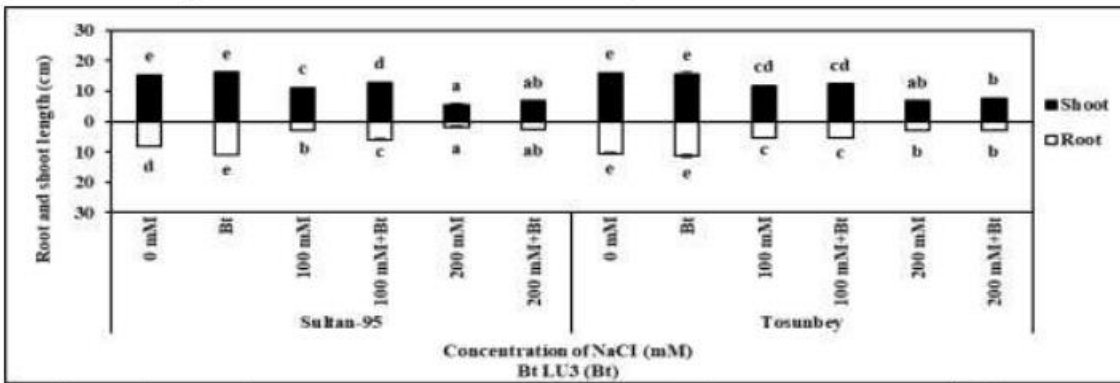
En estos gráficos podemos encontrarnos, de arriba a abajo, la germinación de semillas de zanahoria a diferentes concentraciones, siendo LQ y HQ baja y alta calidad respectivamente, y la germinación de semillas de zanahoria tratadas a diferentes temperaturas con bioestimulantes.

Podemos observar que conforme aumenta la salinidad, disminuye la emergencia y la germinación de la zanahoria. Todos los diferentes tratamientos de cebado con matriz sólida provocan un aumento de la germinación de plántulas. La germinación disminuye considerablemente en general a partir de 100 mM.

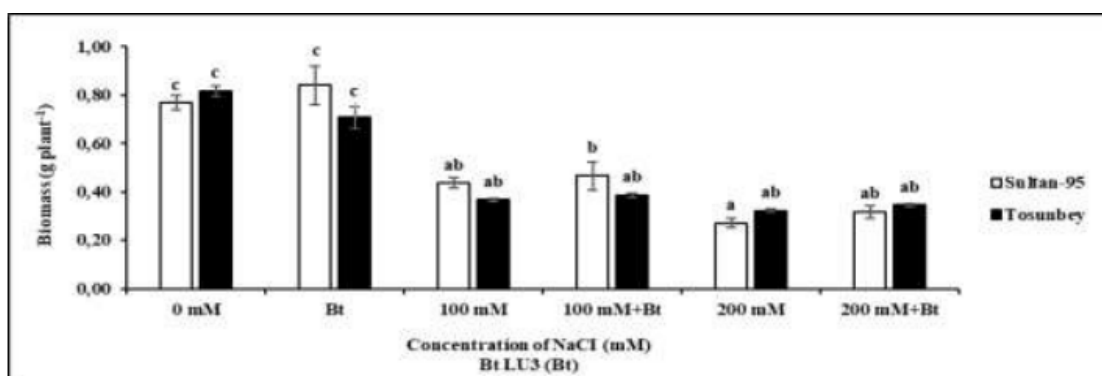
En cuanto a los tratamientos con bioestimulantes, podemos observar que la germinación se ve considerablemente afectada cuando la temperatura va aumentando y supera los 30°C. Sin embargo, hay una diferencia significativa entre las temperaturas entre 20 y 30°C. Cabe destacar que las que han sido imprimidas con butenolida y algas de mar, son las que presentan valores más altos (los valores de SW+But y SW en las tablas). Estas últimas combinaciones, según el artículo, son las que mejores resultados han proporcionado y mayor crecimiento han generado en las semillas.

4.4. Análisis de artículos con la técnica de Biocebado

-Artículo: **“Some Physiological and Biochemical Effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 Biopriming in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salt Stress”** (Müge Teker Yıldız et al, 2023), **Journal of Agriculture and Nature**, Volume: 26 Issue: 5, 1086 – 1098 DOI: <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogav.1174882>

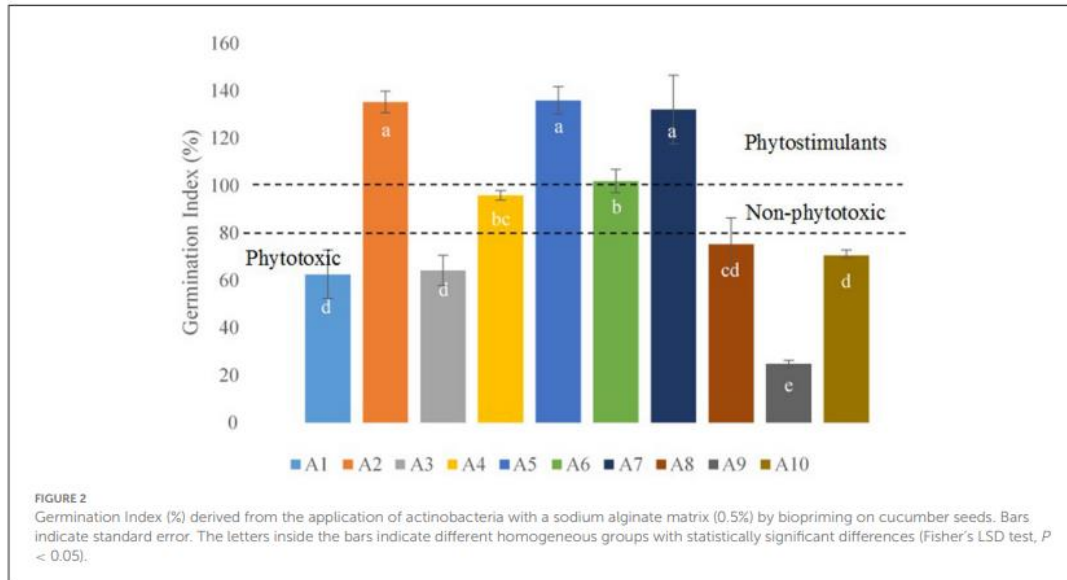


En este gráfico, podemos observar que la aplicación de la bacteria LU3, ha provocado un aumento del crecimiento en la raíz y brote, en concreto se pudo observar que el crecimiento fue de alrededor un 5% en la variedad Sultan, sin cambios significativos en la Tosunbey. A concentraciones de 100 mM de NaCl hubo una disminución de la longitud de la raíz de alrededor un 26-28% en ambas variedades respecto a la control, y hubo una reducción de hasta un 58-63% en concentraciones de hasta 200 mM. En el caso de la bacteria mencionada, esta reducción fue de un 7% en Sultan y 3% en Tosunbey. En cuanto al brote, a concentraciones de 100 mM, se redujo la longitud de la raíz a un 28% en Sultan, mientras que con Bt LU3 aumentó un 11%. En Tosunbey hubo una reducción del brote de un 25-57% a ambas concentraciones, y con la aplicación de BT LU3 no hubo diferencias significativas. Esto lleva a pensar a los autores que el biocebado con BT LU3 fue más efectivo en la variedad Sultan que en la variedad Tosunbey.



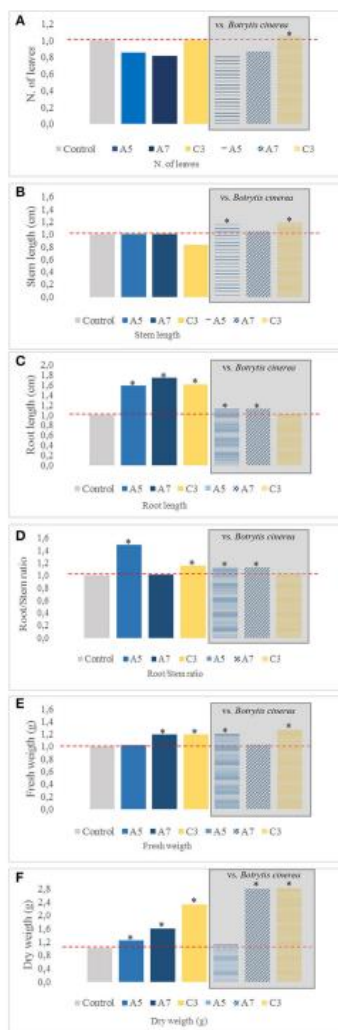
Este otro gráfico explica el efecto de BT LU3 en biomasa. Como se puede observar, a concentraciones conocidas de 100 mM, la biomasa disminuye. Sin embargo, con la aplicación de la bacteria, los valores de biomasa son mucho mayores. Esto indica dos cosas: una mayor respuesta antioxidante de la planta Sultan-95, y que estas plantas tienen una mejor respuesta al tratamiento.

Artículo: “Biopriming of cucumber seeds using actinobacterial formulas as a novel protection strategy against *Botrytis cinerea*” (Jurado et al., 2023), FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS, Volume7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1158722.



En este gráfico se expresa el índice de germinación de semillas de pepino usando la aplicación de actinobacterias. Como se puede observar, las más estables son las A5 y A7, que presentan valores de germinación muy próximos al 100%. Corresponden respectivamente a *Micobacterium barkeri*, *Cellulosimicrobium funkei*.

El artículo también habla del efecto promotor del biocebado en los estadios primarios de desarrollo de la planta, disminuyendo la infección que causa el hongo.



En esta imagen se puede ver que es así. Tenemos, empezando desde A y terminando en F: número de hojas, longitud del tallo, longitud de la raíz, relación tallo-raíz, peso fresco y peso seco.

Como se puede ver, la aplicación de las diferentes cepas provocan un aumento por lo general en todos los parámetros estudiados. Sin embargo, los autores no recomiendan el uso de varias cepas juntas, ya que el resultado esperado no es el mismo que produce cada cepa de forma individual. Esto es algo que debe desarrollarse ya que, una vez la planta fue infectada con el hongo, sus parámetros continuaron desarrollándose aún presentando el hongo.

4.5. Artículos relacionados con el Quimiocebado

-Artículo: “Chemoprimer for induction of disease resistance against pathogens in rice” (Shasmita et al., 2023) <https://www.sciencedirect.com/journal/plant-science,334> (2023) 111769. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111769>

Uno de los principales métodos para inducir resistencia a enfermedades es el tratamiento con ácido salicílico. El uso de este ha provocado resistencia contra el tizón del arroz. En la imagen siguiente se pueden ver infecciones de este patógeno, y las necesidades de ácido salicílico y/o derivados para su tratamiento.

Bacterial blight	SA	Added to Hydroponics solution (1000 µmol/ L)	0.14 g/ L	Mohan Babu et al. (2003)
	SA	Seed treatment (1 mM) + Foliar spray (1 mM)	0.14 g/ L	Thanh et al. (2017)
	SA	Foliar spray (10 mM)	1.40 g/ L	Leiwakabessy et al. (2018)
	SA	Soil drenching (2 mM)	0.28 g/ L	Shasmita et al. (2019)
	SA	Foliar spray (2 mM)	0.28 g/ L	Jiang et al. (2020)
	BTH	Foliar spray (1 mM)	0.21 g/ L	Karthikeyan and Gnanamanickam (2011)
Blast	MeSA	Seed treatment (100 mg/ L)	0.10 g/ L	Kalaivani et al. (2016)
	SA	Foliar spray (8 mM)	1.11 g/ L	Daw et al. (2008)
	INA	Foliar spray (100 ppm)	0.10 g/ L	Schweizer et al. (1997)
	BTH	Foliar spray (1.2 mM)	0.25 g/L	Schaffrath et al. (2000)
Sheath blight	SA + BTH	Foliar spray (50 mg/ kg BTH + 50 mg/ kg SA)	0.10 g/ kg	Sood et al. (2013)

De esta forma, para tratar el tizón podría usarse un spray foliar usando las concentraciones conocidas que indican los autores para poder paliar los efectos de este hongo en la planta.

En cuanto al silicio, cabe destacar que también su uso mejora cuando es aplicado antes de la inoculación del patógeno. Es aplicado principalmente en escoria de silicato, ácido silícico, y silicatos de sodio y potasio.

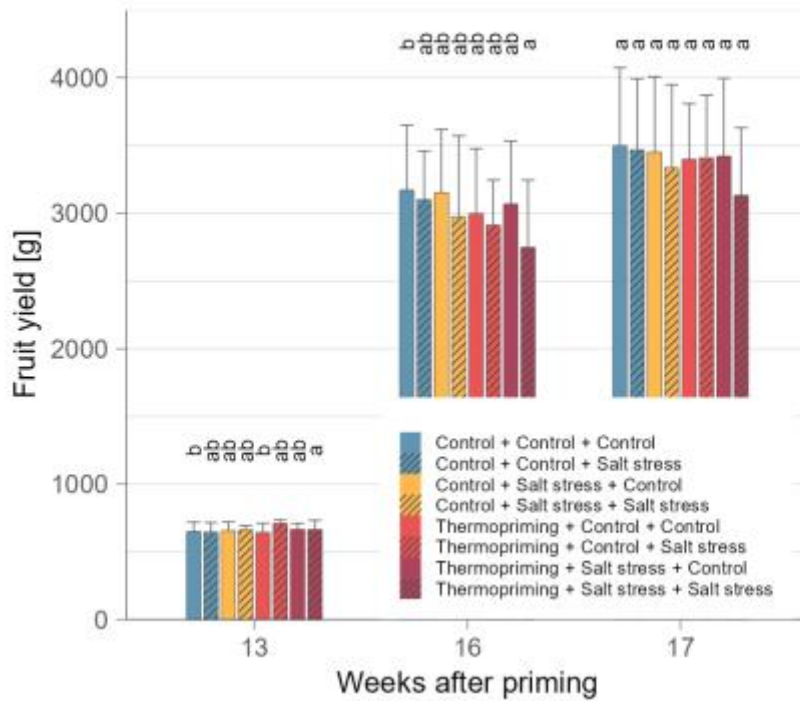
Disease	Abiotic agent	Mode of application (best concentration as applied by the authors)	Best concentration (g/ kg or g/ L)	References
Bacterial blight	SA	Added to Hydroponics solution (1000 µmol/ L)	0.14 g/ L	Mohan Babu et al. (2003)
	SA	Seed treatment (1 mM) + Foliar spray (1 mM)	0.14 g/ L	Thanh et al. (2017)
	SA	Foliar spray (10 mM)	1.40 g/ L	Leiwakabessy et al. (2018)
	SA	Soil drenching (2 mM)	0.28 g/ L	Shasmita et al. (2019)
	SA	Foliar spray (2 mM)	0.28 g/ L	Jiang et al. (2020)
	BTH	Foliar spray (1 mM)	0.21 g/ L	Karthikeyan and Gnanamanickam (2011)
Blast	MeSA	Seed treatment (100 mg/ L)	0.10 g/ L	Kalaivani et al. (2016)
	SA	Foliar spray (8 mM)	1.11 g/ L	Daw et al. (2008)
	INA	Foliar spray (100 ppm)	0.10 g/ L	Schweizer et al. (1997)
	BTH	Foliar spray (1.2 mM)	0.25 g/L	Schaffrath et al. (2000)
Sheath blight	SA + BTH	Foliar spray (50 mg/ kg BTH + 50 mg/ kg SA)	0.10 g/ kg	Sood et al. (2013)

4.6. Artículos relacionados con el Termocebado

-Artículo: “Heat-Induced Cross-Tolerance to Salinity Due to Thermopriming in Tomatoes” (Koerner et al., 2024) *Metabolites*, Volume 14, Issue 4. DOI: 10.3390/metabo14040213

Los autores de este artículo relatan que inicialmente, la planta fue afectada por el termocebado, debido al estrés salino al que fue sometida. Sin embargo, con el

tiempo, la planta pudo recuperarse. En ninguno de los casos la planta pudo evitar el retraso en el crecimiento por la aplicación de calor debido al estrés al que fueron



sometidas. Pero también se demuestra en el artículo que las plantas no difieren respecto a las plantas control, lo cual indica que se pudieron recuperar del retraso por la inducción de calor.

En cuanto a la calidad del fruto, hubo un aumento en carotenoides tras la aplicación de sucesivos estrés, ya que el contenido de almidón es superior en la planta a la que se le aplica termocebado tras el estrés salino. Los datos se obtuvieron a las 3,4,5,9 y 13 semanas respectivamente tras el cebado. Los datos están expresados en [$\mu\text{g mg}^{-1} \text{DM}^{-1}$]

Treatment	
P-S-C	3.6 ± 0.5^{ab}
	2.3 ± 0.4^b
	3.9 ± 0.6^a
	2.5 ± 0.3^a
	1.6 ± 0.3^a
P-S-S	0.8 ± 1.4^a
	3.8 ± 0.7^a
	2.6 ± 0.4^a
	1.6 ± 0.4^a

-Artículo: “Effect of Thermopriming and Alpha-Tocopherol Spray in Triticum aestivum L under Induced Drought Stress: A Future Perspective of Climate Change in the Region” (Shakir et al., 2021) Sains Malaysiana, Volume51, Issue4, Page 977-991. DOI: 10.17576/jsm-2022-5104-03

Treatments (T1-T11)	SHMC (%)	RMC (%)	SMC (%)	LMC (%)	RSR (%)	LAI (%)	LAR (%)
T1	83 ± 4^a	97 ± 0.4^a	18 ± 1.5^a	90 ± 4^a	1.3 ± 0.4^a	42 ± 2^a	0.04 ± 0.01^a
T2	77 ± 7^a	96 ± 0.7^a	17 ± 1.5^{ab}	87 ± 5^{ab}	1.2 ± 0.4^{ab}	27 ± 5^{ab}	0.09 ± 0.03^a
T3	68 ± 1^{ab}	96 ± 1.8^a	17 ± 1.0^{abc}	81 ± 11^{ab}	2.1 ± 0.2^{ab}	32 ± 1^{abc}	0.11 ± 0.07^{ab}
T4	58 ± 8^{ab}	95 ± 0.3^{ab}	16 ± 1.0^{abc}	85 ± 1^{abc}	1.7 ± 0.2^{ab}	34 ± 9^{abc}	0.11 ± 0.02^{abc}
T5	68 ± 3^{abc}	95 ± 0.3^{ab}	16 ± 1.0^{abc}	88 ± 2^{abc}	1.1 ± 1.1^{ab}	21 ± 1^{bc}	0.02 ± 0.02^{bc}
T6	24 ± 9^{bcd}	96 ± 0.6^{ab}	16 ± 1.0^{abc}	78 ± 4^{abcd}	1.1 ± 0.5^b	15 ± 2^{bc}	0.07 ± 0.02^c
T7	43 ± 9^{bcd}	95 ± 1.1^{ab}	17 ± 1.0^{bc}	74 ± 1^{bcd}	1.1 ± 0.6^b	14 ± 2^{bc}	0.02 ± 0.02^c
T8	37 ± 9^{bcd}	96 ± 1.1^{ab}	17 ± 1.1^c	63 ± 6^{cde}	1.2 ± 0.2^b	20 ± 7^{bc}	0.04 ± 0.01^c
T9	44 ± 9^{cd}	96 ± 0.8^{ab}	16 ± 0.5^c	73 ± 10^{cde}	1.2 ± 0.3^b	22 ± 2^{bc}	0.04 ± 0.03^c
T10	35 ± 7^{cd}	95 ± 0.5^{ab}	18 ± 1.0^c	65 ± 13^{de}	1.1 ± 0.1^b	18 ± 3^c	0.03 ± 0.03^c
T11	42 ± 5^c	95 ± 0.9^{ab}	16 ± 1.0^c	78 ± 6^c	1.1 ± 0.1^b	17 ± 5^c	0.03 ± 0.01^c

Con la tabla siguiente, podemos expresar los efectos que tuvo la aplicación de tocoferol en plantas de trigo en condiciones inducidas de estrés.

Los tratamientos se nombran de la siguiente manera: T1: control; T2: 5 días bajo sequía; T3: 10 días bajo sequía; T4: 5 días bajo sequía + 4°C; T5: 5 días de sequía + 4°C+ aplicación de α tocoferol; T6: 5 días de sequía+80°C+ α tocoferol; T8: 10

días de sequía+4°C; T9: 10 días de sequía +4°C; T10: 10 días de sequía + 80°C; T11: 10 días de sequía + 80°C+α tocoferol.

Se pudo observar que existía mayor humedad en las T1 que en el resto de plantas tratadas con tocoferol. Sin embargo, en plantas de trigo que fueron tratadas con tocoferol y sometidas a sequía 5 y 10 días, mostraron mayor humedad que otras plantas estresadas que no fueron tratadas. SHMC indica el contenido en humedad del brote. Ello lleva a los autores a afirmar que el tratamiento con tocoferol produjo un incremento beneficioso en el desarrollo de la planta.

4.7. Técnica del Seed priming utilizando fitohormonas

-Artículo: “Hormoprimering instigates defense mechanisms in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seeds under cadmium stress” (Moori and Ahmadi-Lahijani, 2020), *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, Volume 19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100268>

Cadmium concentration (mg l ⁻¹)	Priming treatment	Germination (%)	Germination Rate (day ⁻¹)	Root length (cm)	Plumule length (cm)	Seedling length (cm)	Vigor index
0	NP	61.9 c	8.0 c	19.0 b	7.3 c	26.4 c	2822 d
	HP	76.0 b	9.5 bc	23.1 b	10.4 a	33.5 b	3341 c
	JA	93.5 a	12.6 a	27.7 a	8.4 b	36.1 ab	4029 a
	SA	88.3 ab	11.0 ab	32.7 a	9.1 b	41.8 a	3598 b
10	NP	61.7 c	7.9 c	17.5 c	6.8 c	24.3 c	2251 b
	HP	74.3 bc	9.2 bc	22.3 b	8.0 b	30.4 b	2644 b
	JA	86.7 a	12.4 a	26.1 b	8.7 b	34.8 ab	3175 ab
	SA	81.1 ab	10.3 b	31.3 a	10.2 a	41.5 a	3516 a
20	NP	58.7 c	7.8 b	17.0 c	6.8 c	23.8 c	1987 b
	HP	74.6 b	12.2 a	22.6 bc	7.9 b	30.5 bc	2275 b
	JA	74.9 b	10.6 ab	26.4 b	8.9 a	35.3 b	2394 ab
	SA	79.9 a	9.3 ab	30.6 a	9.4 a	40.0 a	2559 a
30	NP	54.1 c	7.5 c	17.2 b	6.6 b	23.8 c	1278 b
	HP	62.0 b	9.1 b	20.0 b	7.6 b	27.6 bc	1397 b
	JA	69.0 b	10.2 a	23.5 b	8.9 a	26.4 ab	1499 b
	SA	74.6 a	11.9 a	30.2 a	9.3 a	39.5 a	1828 a
ANOVA	df						
SOV							
Cadmium (Cd)	3	109.8*	1.09*	4.64 ^{ns}	0.84 ^{ns}	9.18 ^{ns}	187988*
Priming (P)	3	1818.6**	44.8**	394.4**	19.3**	578.2**	6177375**
Cd × P	9	14.0*	0.10 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.25*	0.97 ^{ns}	19661 ^{ns}
Error	32	15.7	0.32	2.61	0.31	5.22	54112
CV (%)		8.45	7.5	7.0	6.7	6.96	12.40

En esta tabla quedan expresadas las medias y comparaciones de diferentes concentraciones de cadmio, a las que posteriormente se les aplicó un tratamiento de cebado con hormonas. Como se puede observar, conforme aumentó la concentración de cadmio, los valores del porcentaje de germinación, el ratio, longitud de la raíz, etc, disminuyen. Sin embargo, si tenemos en cuenta los diferentes resultados, podemos observar varias cosas. En primer lugar, que los

valores del primer tratamiento el control, es decir, aquellos que solo tenían cadmio y no fueron cebados (no hubo tratamiento), son los que tienen los valores más bajos de germinación y de todos los demás valores. Por otro lado, podemos también ver reflejado, que el mejor método de cebado de semillas es el uso de ácido jasmónico, ya que proporciona los mejores resultados. Esto lleva a la conclusión de que el ácido jasmónico es el mejor tratamiento de fitohormonas para combatir el cadmio.

-Artículo: “Effect of gibberellin, nano-nutrition with titanium, zinc and iron on yield and some physiological and qualitative traits of white beans” (Seyed Mostafa Azimi et al, 2022) Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Volume 50, Issue 1, Article number 12538. DOI: 10.15835/nbha50112538

S.O.V	DF	Grain Protein (%)	Chl. a	Chl. b	Chl. a+b
Replication	2	2.86	0.023*	0.0023	0.08*
Priming (P)	3	16.23**	0.054**	0.0029**	0.222**
Foliar spray of Fe and Zn (F)	2	4.69	0.014**	0.0002**	0.034**
P*F	6	1.83	0.003**	0.0006**	0.026**
Error	22	2.22	0.00003	0.00006	0.00006
CV (%)		6.3	14.4	12.1	13.6

En este artículo se lleva a cabo una investigación de los efectos que se producen en judías blancas en la aplicación de nutrientes y giberelinas en estas plantas en un experimento factorial aleatorizado. Se llevó a cabo un diseño de bloques completo con 4 repeticiones, incluyendo factores experimentales como el cebado de semillas (hidrocebado, imprimación con giberelina, nanodióxido de titanio y nano-Zn), junto con pulverización foliar de micronutrientes. Se produjo un aumento en el rendimiento y contenido de clorofila. En el caso de las giberelinas, hormona vegetal que regula el crecimiento del tallo, junto con la aplicación foliar de zinc + hierro a un 13% superior al control se produjo un aumento en la altura de la planta respecto al control. Era de esperar este aumento en el caso de las giberelinas, ya que la aplicación exógena de giberelinas en la planta provoca un aumento en su crecimiento. La imprimación con nano-Zn con aplicación foliar de hierro produjo el mayor rendimiento biológico (9011 kg ha⁻¹), que generó un aumento del 19% en comparación con el control. Este tratamiento, junto con la aplicación foliar de zinc + hierro, mejoró significativamente el contenido de clorofila foliar.

5. DISCUSIÓN

En cuanto a esta parte, seguiremos el orden llevado a cabo en los resultados.

-Effect of physiological priming on stored coffee seeds” (Penido et al, 2021).

Podemos observar que las semillas húmedas tuvieron un mejor desarrollo, en ambas variedades, respecto a las semillas secas. Cada 3 meses, se llevaba a cabo la técnica de hidrocebado, con la evaluación posterior de la actividad fisiológica de la planta mediante estudios como test de germinación, protusión de raíces, plántulas normales, etc.

En cuanto a la germinación de semillas normales, los resultados nos indican que se debe destacar la importancia del vigor de las semillas, porque aunque los test de germinación no dan diferencias significativas, si que implica que tras el almacenamiento, las semillas cebadas tienen valores más altos de germinación en comparación a semillas que no han pasado por un proceso de hidrocebado.

Proline osmopriming improves the root architecture, nitrogen content and growth of rice seedlings” (Gomes Pereira et al, 2021)

Este artículo tuvo como objetivo evaluar la técnica de osmocebado con prolina para favorecer la emergencia, el crecimiento y el contenido de nitrógeno total en plántulas de arroz. Los tratamientos que se realizaron incluyeron hidrocebado y osmocebado de prolina a diferentes concentraciones (5, 10 y 20 mM), durante 16 h a 25°C. Todo el experimento se realizó al azar, con un control de semillas sin tratar. Aquellas que fueron tratadas con prolina y agua, tuvieron una mejor eficiencia en el crecimiento de plántulas, en concreto el osmocebado con prolina (10 mM) favoreció el crecimiento en un 29% a los 11 días tras la emergencia. También hubo un aumento en el volumen, y en la longitud de la raíz. Se observó incluso un mejor funcionamiento interno de la actividad glutamina-sintetasa en los brotes de estas plantas. Se pudo afirmar que el tratamiento a 10 mM fue el más eficiente para mejorar el crecimiento de la planta.

Effect of Osmopriming with Melatonin on Germination, Vigor and Health of *Daucus carota L.* Seeds. (Agnieszka Rosińska, et al, 2023).

La zanahoria es un cultivo básico en Polonia, atacado por patógenos que afectan a la cosecha y al rendimiento de los cultivos. La melatonina (eficaz para aliviar el

estrés en plantas) influye positivamente en la protección de la planta contra agentes bióticos y abióticos. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto del osmocebado con melatonina sobre la germinación, el vigor y la salud de las semillas de esta planta. Las semillas de zanahoria fueron osmocebadas en soluciones de polietilenglicol con potencial osmótico de -1.5 MPa a 20°C durante una semana, y luego se añadió melatonina a dosis de 25, 50, 100 o 200 µM. Se pudo observar un aumento de la germinación de la planta tanto al principio como al final (7-14% en la primera y 35-43 en la segunda semana) y se redujo la incidencia de patógenos del género *Alternaria* y *Fusarium*, así como un aumento de hifas no esporulantes. Se aceleró mucho la germinación de las plantas tratadas,

Solid matrix priming improves cauliflower and broccoli seed germination and early growth under the suboptimal temperature conditions". Wu Ling-Yun et al, 2022.

En este estudio se pudo observar los resultados de un tratamiento en coliflor y brocoli con imprimación de matriz sólida, de tal manera que se estudió la germinación en temperaturas subóptimas para la germinación. El tratamiento incluyó la mezcla de vermiculita y agua en proporción 2:3:2.5 (p/p/v) e incubación en oscuridad a 20°C. Se secaron posteriormente. Se esperó a que las semillas cebadas y las no cebadas germinasen, a 10, 15, 20 y 25°C. Posteriormente, se analizaron una serie de parámetros, entre ellos las actividades antioxidantes, y por último se valoró la germinación de los dos grupos (tratadas y no tratadas) en invernadero. Se podía observar que el vigor germinativo, la tasa de germinación y el índice de vigor se redujo significativamente en temperaturas inferiores a las óptimas. En cuanto al tratamiento con matriz sólida, se destaca que aumentó el vigor germinativo y el índice de vigor, y disminuyó el tiempo medio de germinación (a diferencia de las control, en las que el tiempo fue mayor). También el tratamiento aumentó la actividad de la peroxidasa (POD) así como de la ascorbato peroxidasa (APX).

The effect of solid matrix priming with bioestimulants on seed germination and seedling quality of carrot (*Daucus carota L.*) under abiotic stress conditions (S.H. Muhie and I. Demir, 2023).

En este estudio se pretende recoger el resultado del cebado con bioestimulantes en plantas de zanahoria sometidas a diferentes tipos de estrés. Se simuló el estrés hídrico utilizando PEG-6000 en diferentes concentraciones (0, 10 y 15%), mientras que el estrés salino se simuló usando NaCl de diferente molaridad (0, 50 y 100 mM), que tienen el mismo potencial osmótico que las concentraciones de PEG. La tasa de germinación de las semillas de zanahoria no imprimadas fue del 0%, mientras que en las imprimadas llegó a ser de un 32%, probablemente por la recuperación de muchas semillas dañadas. Las semillas de peor calidad empezaron a rendir de forma mucho mejor con estos bioestimulantes que las de alta calidad. Se debe seguir estudiando e investigando cual es la técnica más adecuada para cada cultivo, ya que, como afirma este estudio, no existe ninguna que funcione perfectamente con todos los cultivos.

Some Physiological and Biochemical Effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 Biopriming in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salt Stress” (Müge Teker Yıldız et al, 2023)

En este artículo se habla de la aplicación efectiva de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt LU3) en trigo común, en dos variedades (Sultan-95 y Tosunbey) bajo estrés salino (0, 100 y 200 mM de NaCl). Se buscaba medir varios parámetros fisiológicos como la longitud de raíz, peso seco, área foliar...También se quiso medir parámetros bioquímicos (contenido en pigmentos, contenido proteico, enzimas antioxidante. Se demuestra que aumenta las raíces y brote en plantas de trigo afectadas por estrés salino en plantas con sensibilidad salina a concentraciones de 100 nM, pero no lo hizo en otra variedad de plantas de trigo conocida como Tosunbey, también expuesta a estrés salino.

Se sabe que la presencia de estrés salino genera en estas plantas una disminución de su biomasa y peso seco, sin embargo en otras como las Sultan-95 por el contrario el efecto es distinto.

Biopriming of cucumber seeds using actinobacterial formulas as a novel protection strategy against *Botrytis cinérea*” (Jurado et al., 2023).

Este artículo explica la capacidad de diversas fórmulas actinobacterianas para controlar la incidencia de *Botrytis cinerea* en plántulas de pepino. Se ajustaron protocolos para la primera caracterización de la actinobacteria y predecir su capacidad fitotóxica. Una vez hecho esto, la actinobacteria se caracterizó para poder inhibir su capacidad de inhibir el crecimiento de *Botrytis cinerea*, y una vez elegida la más efectiva, se llevó a cabo un biocebado de pepino. Se reveló que el biocebado dejó un efecto promotor remarcable en los estadios primarios de desarrollo de la planta, disminuyendo la infección del hongo. Esto lleva a pensar que los agentes microbianos usados son importantes agentes fitoestimulantes y pesticidas.

Chemopriming for induction of disease resistance against pathogens in rice” (Shasmita et al., 2023)

En la actualidad, diferentes patógenos fúngicos, bacterianos y virales causan grandes reducciones en la producción de granos de arroz. El uso de pesticidas químicos para brindar protección contra patógenos se ha vuelto muy ineficiente debido a la creciente resistencia de los patógenos y es causa de preocupaciones ambientales. Por lo tanto, la inducción de la resistencia del arroz mediante biocebado y quimiocebado con otros agentes se ha propuesto como alternativa.

Se han utilizado sustancias químicas como el silicio, ácido salicílico, vitaminas, extractos de plantas, fitohormonas...

De las sustancias utilizadas, se ha observado que el silicio y el ácido salicílico son dos sustancias químicas potenciales para inducir resistencia contra enfermedades fúngicas y bacterianas. Sin embargo, una evaluación inclusiva del potencial de diferentes agentes abióticos para inducir resistencia a los patógenos del arroz no se pudo llevar a cabo debido a que los estudios se han vuelto discontinuos y poco precisos. Este artículo aborda, por tanto, una gran combinación de agentes abióticos para inducir la defensa ante patógenos del arroz, así como método de aplicación, como inducen la defensa... etc

“Heat-Induced Cross-Tolerance to Salinity Due to Thermopriming in Tomatoes” (Koerner,T et al, 2024)

En este artículo, los autores postulan el termocebado como uno de los procedimientos que permiten llevar a cabo una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Se llevó a cabo un termocebado, con objetivo de ser el pre-acondicionador en trasplantes de tomate en combinación con tratamientos posteriores de estrés salino, y después evaluarlos respecto al comportamiento de la planta, calidad, rendimiento, etc.. Llevó a la acumulación de fenoles y flavonoles en hojas. En cuanto al crecimiento, se retrasó en el inicio pero se recuperó después.

Effect of Thermopriming and Alpha-Tocopherol Spray in *Triticum aestivum* L under Induced Drought Stress: A Future Perspective of Climate Change in the Region” (Ubaid Ullah Shakir et al, 2021)

En el siguiente estudio, se relata que, utilizando un spray de tocoferol, y con semillas enfriadas tras un tratamiento de termocebado, se consiguió mejorar el crecimiento de las plantas, ya que se activan numerosas áreas bioquímicas y fisiológicas de la planta. Este uso de aplicar un tratamiento con calor, para un posterior enfriamiento de la planta (principalmente acaba siendo a 4°C) provoca que sea un método bastante útil para los agricultores de Pakistán, lugar de origen de los investigadores de este artículo, para paliar los efectos de la sequía.

Hormopriming instigates defense mechanisms in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seeds under cadmium stress” (Saeed Moori , Mohammad J. Ahmadi-Lahijani, 2020)

En este estudio se explica el aumento que ha habido en la contaminación en los últimos años con cadmio, diseminándose con gran rapidez en otros medios como el suelo o el agua. El estudio continúa exponiendo que al exponer las plantas de tomillo a cadmio, se produce una disminución de sus parámetros germinativos, pero sin embargo la toxicidad de este es paliada por la aplicación de tratamientos de seed priming. El ácido jasmónico fue el principal paliador de estos efectos, siendo considerado por el artículo como el mejor tratamiento de fitohormonas para combatir los efectos del cadmio. Entre otras cosas, mejora el índice y el porcentaje de germinación.

Effect of gibberellin, nano-nutrition with titanium, zinc and iron on yield and some physiological and qualitative traits of white beans” (Seyed Mostafa Azimi et al, 2022)

En este artículo se lleva a cabo una investigación de los efectos que se producen en judías blancas en la aplicación de nutrientes y giberelinas en estas plantas en un experimento factorial aleatorizado. Se llevó a cabo un diseño de bloques completo con 4 repeticiones, incluyendo factores experimentales como el cebado de semillas (hidrocebado, imprimación con giberelina, nanodióxido de titanio y nano-Zn), junto con pulverización foliar de micronutrientes. Se produjo un aumento en el rendimiento y contenido de clorofila. En el caso de las giberelinas, hormona vegetal que regula el crecimiento del tallo, junto con la aplicación foliar de zinc + hierro a un 13% superior al control se produjo un aumento en la altura de la planta respecto al control. Era de esperar este aumento en el caso de las giberelinas, ya que la aplicación exógena de giberelinas en la planta provoca un aumento en su crecimiento. La imprimación con nano-Zn con aplicación foliar de hierro produjo el mayor rendimiento biológico (9011 kg ha⁻¹), que generó un aumento del 19% en comparación con el control. Este tratamiento, junto con la aplicación foliar de zinc + hierro, mejoró significativamente el contenido de clorofila foliar.

6. CONCLUSIONES

Effect of physiological priming on stored coffee seeds” (Penido et al, 2021)

Hubo un mejor desarrollo en las semillas secas. Las semillas cebadas tenían un índice de vigor germinativo mayor que las demás semillas.

Proline osmopriming improves the root architecture, nitrogen content and growth of rice seedlings” (Gomes Pereira et al, 2021).

Los mejores resultados se observaron en plantas tratadas con prolina y agua, en concreto con concentraciones de 10mM de prolina.

Effect of Osmopriming with Melatonin on Germination, Vigor and Health of *Daucus carota L.* Seeds. (Agnieszka Rosińska, et al, 2023).

La germinación de la planta aumentó con el uso de la melatonina, y se pudo observar cierta capacidad antifúngica en la planta.

Solid matrix priming improves cauliflower and broccoli seed germination and early growth under the suboptimal temperature conditions". Wu Ling-Yun et al, 2022.

El cebado de matriz sólida mejoró los parámetros de las plantas que crecieron en condiciones subóptimas.

The effect of solid matrix priming with bioestimulants on seed germination and seedling quality of carrot (*Daucus carota L.*) under abiotic stress conditions (S.H. Muhie and I. Demir, 2023).

Todos los tratamientos mejoraron la calidad de las semillas. El uso de butenolida junto a algas marinas son las combinaciones que producen mejores resultados.

Some Physiological and Biochemical Effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 Biopriming in Common Wheat (*Triticum aestivum L.*) under Salt Stress" (Müge Teker Yıldız et al, 2023)

La aplicación de la bacteria provocó un aumento de la raíz y del brote de la variedad Sultan-95 de trigo. La bacteria tiene un mejor efecto en las cepas de la variedad Sultan.

Biopriming of cucumber seeds using actinobacterial formulas as a novel protection strategy against *Botrytis cinérea* (Jurado et al., 2023).

Las cepas A5 y A7, en axénico y cocultivo, demostraron ser las más eficientes contra el cultivo "in vitro" de *Botyris cinerea*..

Chemopriming for induction of disease resistance against pathogens in rice" (Shasmita et al., 2023)

El uso de un spray foliar para tartar el tizón, así como del uso de silicio antes de la inoculación, son las mejores formas para combatir el patógeno *Botyris cinerea*

Heat-Induced Cross-Tolerance to Salinity Due to Thermopriming in Tomatoes" (Koerner,T et al, 2024).

Los autores encontraron una tolerancia cruzada a la salinidad debido a un termocebado anterior. También se produjo un aumento de carotenoides y almidón. El termocebado permite paliar los efectos de numerosos agentes de estrés abiótico.

Effect of Thermopriming and Alpha-Tocopherol Spray in *Triticum aestivum* L under Induced Drought Stress: A Future Perspective of Climate Change in the Region (Ubaid Ullah Shakir et al, 2021).

El crecimiento de las plantas en la zona de Pakistán se vio beneficiado por la aplicación de un spray de tocoferol, tras la aplicación de un termocebado previo.

Hormopriming instigates defense mechanisms in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seeds under cadmium stress (Saeed Moori , Mohammad J. Ahmadi-Lahijani, 2020).

Las plantas expuestas al cadmio sufrieron una efecto paliador en sus síntomas al ser tratadas con procesos de cebado de semillas, siendo el ácido jasmónico el que mejores resultados ofreció.

Effect of gibberellin, nano-nutrition with titanium, zinc and iron on yield and some physiological and qualitative traits of white beans” (Seyed Mostafa Azimi et al, 2022

La aplicación de giberelina provocó un aumento en el crecimiento de la planta. La aplicación del cebado de semillas con hormonas provocó un aumento en el contenido de clorofila y en su rendimiento

7. BIBLIOGRAFÍA

Ashraf M., Foolad M.R. (2005) Effect of thermopriming on activities of enzymes in the germinating seed. *Adv Agron* 88:248–252

Bradford K.J. (1995) Water relations in seed germination. In: Kigel J, Galil (eds.) *Seed development and germination*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp 351–396

Bujalski W., Nienow A.W. (1991) Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. *Sci Hort* 46:13

Carrillo-Reche J, Vallejo-Marin M, S. Qulliam R (2018) Quantifying the potential of 'on-farm' seed priming to increase crop performance in developing countries. A meta-analysis *Agronomy for Sustainable Development* (2018) 38: 64.

Dearman J., Brocklehurst P.A., Drew R.L.K. (1987) Effect of osmotic priming and aging on the germination and emergence of carrot and leek seed. *Ann Appl Biol* 111:717–722.

Di Girolamo G, Barbanti L (2012) Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. *Italian J Agr* 7:e25

Fabrissin I., Sano N., Seo M., North H.N. (2021) Ageing beautifully: can the benefits of seed priming be separated from a reduced lifespan trade-off, Institut Jean-Pierre Bourgin, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78000 Versailles, France

Gomes E, Blanc M, Bucher C, Azevedo L, Silvestre M, Vieira C (2021) Proline osmopriming improves the root architecture, nitrogen content and growth of rice seedlings, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, volume 33.

Gonzalez M, López-González J, J.Lopez M (2023) Biopriming of cucumber seeds using actinobacterial formulas as a novel protection strategy against *Botrytis cinerea*, *FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS*, Volume7.

Hamayun M., Khan S.A., Khan A.L., Tang D.S., Hussain J., Ahmad B., Anwar

Heydecker W., Coolbear P. (1977) Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. *Seed Sci Tech* 5:353–425.

Hill H, Bradford KJ, Cunningham J, Taylor AG (2008) Primed lettuce seeds exhibit increased sensitivity to moisture during aging. *Acta Hort* 782:135–141

Huang YM, Wang HH, Chen KH (2002) Application of seed priming treatments in spinach (*Spinacia oleracea* L.) production. *J. Chinese Soc. Hort Sci* 48:117–123

Hussain S., Zheng M., Khan F., Khaliq A., Fahad S., Peng S., Huang J., Cui K

Nie L. (2015). Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Scientific Reports* 5, 8101.

Ling-Yun W, Jun Y, Zhi-Wu H, Yan-Hui W, Wei-Min Z(2022) Solid matrix priming improves cauliflower and broccoli seed germination and early growth under the suboptimal temperature conditions, Horticultural Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai, China, Shanghai, Key Lab of Protected Horticultural Technology, Shanghai, China

Kaushik P., Shakil N.A., Kumar J., Singh M.K., Yadav S.K. (2013) Development of controlled release formulations of thiram employing amphiphilic polymers and their bioefficacy evaluation in seed quality enhancements studies. *J Environ Sci Health B* 48:677–685

Khah EM (1992) Sodium hypochlorite concentration, temperature, and seed age influence germination of sweet pepper. *Hort Sci* 27:821–823

Khalil S, Moursy HA, Saleh SA (1983) Wheat plant reactions to pre-sowing heat hardening of grains. II. Changes in photosynthetic pigments, nitrogen and carbohydrate metabolism. *Bull Egyptian Soc Physiol Sci* 3:161–175

Khan A.A. (1991) Preplant physiological seed conditioning. *Hort Rev* 13:131–181

Korner T, Gierholz R, Zinkernagel J, Röhlen-Schmittgen S (2024) Heat-Induced Cross-Tolerance to Salinity Due to Thermopriming in Tomatoes, *Metabolites*, Volume 14, Issue 4

Liu Y., Kermode A., El-Kashaby Y.O. (2013) The role of moist-chilling and thermopriming on the germination characteristics of white spruce (*Picea glauca*) seed. *Seed Sci Tech* 41:1–15

McDonald M.B. (2000) Seed priming. In: Black M, Bewley JD (eds) *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield, pp 287–325

Michel B.E., Kauffmann M.R. (1973) The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol* 51: 914–916

M. Jurado M, Suárez-Estrella F Toribio A, Martínez-Gallardo M, Estrella-

Moori S, Ahmadi-Lahijani M (2020) Hormopriming instigates defense mechanisms in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seeds under cadmium stress, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, Volume 19.

Mostafa S, Reza H, Ismaili A, Akrahi N (2022) Effect of gibberellin, nano-nutrition with titanium, zinc and iron on yield and some physiological and qualitative traits of white beans, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* Volume 50, Issue 1, Article number 12538.

Muhie S.H., Demir I., (2023) The effect of solid matrix priming with biostimulants on seed germination and seedling quality of carrot (*Daucus carota L.*) under abiotic stress conditions, *Eur. J. Hortic. Sci.* 88, ISSN 1611-4426 print, 1611-4434 online.

Nie L. (2015) Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Sci Rep* 5(1):1–2

Paparella S.S., Araujo G., Rossi M., Wijayasinghe D., Carbonera A.B. (2015) Seed priming: state of the art and new perspectives, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Parera C.A., Cantliffe D.J. (1994) Pre-sowing seed priming. *Hort Rev* 16: 109–141

Penido A, Rezende EA, de Sousa D, Vilela V, Kelli D, Almir J, (2021) Effect of physiological priming on stored coffee seeds *JOURNAL OF SEED SCIENCE*, Volume 43.

Pill W.G. (1995) Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. In: *Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications*. The Haworth Press, Binghamton, NY 319–359

Radhakrishnan R, Khan AL, Lee I-J (2013) Endophytic fungal pretreatments of seeds alleviates salinity stress effects in soybean plants. *J Microbiol* 51:850–857

Rosi, A. (2023), Effect of Osmopriming with Melatonin on Germination, Vigor and Health of *Daucus carota L.* Seeds. *Seed Science and Technology*, Poznań University of Life Sciences, Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań, Poland.

Rowse H.R. (1991) Methods of priming seeds. UK, Patent No. 2192781

Selvarani K., Umarani R. (2011) Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of onion (*Allium cepa* cv. *aggregatum*) and carrot (*Daucus carota*). *J Agric Technol* 7(3):857–867

Shasmita, Bhushan B, Mishra S, Kumar P, Kumar S, Kumar A (2023) Chemopriming for induction of disease resistance against pathogens in rice. DOI: 10.1016/j.plantsci.2023.111769

Subhabrata P., Swarnali Dey, Rita Kundu, (2021) Seed priming: an emerging tool towards sustainable agricultura, *Plant Growth Regulation* (2022) 97:215–234

Taylor A.G., Allen P.S., Bennet M.A., Bradford K.J., Burris J.S., Misra M.K. (1998) Seed enhancements. *Seed Sci Res* 8:245–256

Teker M, Acar O, Ozturk F, Hacıoglu N (2023) Some Physiological and Biochemical Effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 Biopriming in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salt Stress, *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (5), 1086-1098, 2023

Ullah U, Ullah S, Nauman M, Ali S, Ali U, Zaman A, Abdul S, Ahmet F (2021) Effect of Thermopriming and Alpha-Tocopherol Spray in *Triticum aestivum* L under Induced Drought Stress: A Future Perspective of Climate Change in the Region, *Sains Malasyana*, Volume51, Issue4, Page 977-991

Van der Wolf JM, Birnbaum Y, van der Zouwen PS, Grrot SPC (2008) Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extracts. *Seed Sci Tech* 36:76–88

Waller F, Achatz B, Baltruschat H, Fodor J, Becker K, Fischer M, Heier T, Huckelhoven R, Neumann C, Von-Wettstein D (2005) The endophytic fungus *Piriformis indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proc Nat Acad Sci USA* 102:13386–13391

Wang W-Q, Liu S-J, Song S-Q, Muller IM (2015) Proteomics of seed development, desiccation tolerance, germination and vigor. *Plant Physiol Biochem* 86C:1–15

Warren JE, Bennett MA (1997) Seed hydration using the drum priming system. *Hort*

Whalley WR, Ober ES, Jenkins M (2013) Measurement of the matric potential of soil water in the rhizosphere. *J Exp Bot* 64:3951–3963

Yang D., Wang N., Yan X., Shi J., Zhang M., Wang Z., Yuan H. (2014)
Microencapsulation of seed-coating tebuconazole and its effects on physiology and
biochemistry of maize seedlings. *Colloids Surf B Bio* 114:241–246

Y., Lee I.J. (2010) Growth promotion of cucumber by pure cultures of gibberellin-
producing *Phoma* sp.GAH7. *World J. Microbiol Biotechnol* 26 :889–894

Páginas Web:

<https://fundacionpalarq.com>

<https://www.fao.org/4/y5031s/y5031s0f.htm>

<https://innoplant.es/2022/03/17/que-es-el-seed-priming>

