

MICROORGANISMOS AUTÓCTONOS BENÉFICOS COMO MEJORADORES DE LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng

BENEFICIAL AUTOCHTHONOUS MICROORGANISMS AS GERMINATION IMPROVERS IN *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng SEEDS

Autores: Lisbet Bolaño Hernández

<https://orcid.org/0000-0002-1028-1753>

Yanier Acosta Fernández

<https://orcid.org/0000-0001-7017-0556>

Raiza González Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0002-0661-4762>

Instituciones: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Centro de Bioplantas, Ciego de Ávila, Cuba.

Correo electrónico: lisbetbh94@gmail.com

yacfdez@gmail.com

rglezrodriguez2009@gmail.com

RESUMEN

Teramnus labialis (L.f.) Spreng es una leguminosa forrajera que se utiliza como alimento animal (ovinos, caprinos, equinos y bovinos) y cultivo de cobertura en varios frutales (Guayaba y cítricos). Sin embargo, después de la germinación el periodo de establecimiento se dificulta debido al lento crecimiento de las plantas. Los tratamientos acondicionadores de semillas constituyen una alternativa para solucionar estas problemáticas. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de cuatro microorganismos autóctonos benéficos (MABs) en la germinación y el vigor de semillas de *T. labialis*. Se evaluó el efecto de cuatro concentraciones de MABs (0, 5, 10 y 15 %) y dos tiempos de acondicionamiento (3 y 6 h). A los siete días, se evaluó la germinación y se realizaron algunos cálculos asociados al vigor de las semillas. Concentraciones de MABs entre 5 y 10 % durante 3 horas incrementaron el porcentaje de germinación y el vigor en las semillas de *T. labialis*. Mientras que concentraciones de MABs al 15 % disminuyeron el porcentaje de germinación en comparación con el tratamiento control, lo que evidencia efectos nocivos para la germinación de las semillas.

Palabras clave: Acondicionamiento, Germinación, Imbibición, Semillas, Vigor.

ABSTRACT

Teramnus labialis (L.f.) Spreng is a forage legume that is used as animal feed (sheep, goats, horses and cattle) and cover crop on various fruit trees (guava and citrus). However, after germination the establishment period becomes difficult due to the slow growth of the plants. Seed conditioning treatments are an alternative to solve these problems. The objective of this work was to determine the effect of four beneficial autochthonous microorganisms (BAMs) in *T. labialis* seeds germination and vigor. The effect of four BAMs concentrations (0, 5, 10 and 15 %) and two priming times (3 and 6 h) was evaluated. After seven days, germination was evaluated, several calculations associated with the vigor of the seeds were made. BAMs concentrations between 5 and 10 % for 3 hours increased the germination percentage and vigor in *T. labialis* seeds. While concentrations of BAMs at 15 % decreased the percentage of germination compared with the control treatment, which shows harmful effects for the seeds germination.

Keywords: Germination, Imbibition, Priming, Seeds, Vigor.

INTRODUCCIÓN

Dentro del género *Teramnus*, una de las especies más importantes en Cuba, es la herbácea perenne *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng (Menéndez, 1982, Fontes *et al.*, 2008, Fontes *et al.*, 2018, Acosta *et al.*, 2020a). La mayor utilización de *T. labialis* es como fuente proteica en la dieta del ganado bovino (Torales; Navarro y Reino, 2015) y el ovino (Mazorra *et al.*, 2016), lo que se debe a su aceptable producción de biomasa y calidad nutricional (Machado y Olivera, 2008). Sin embargo, otros autores también referencian esta leguminosa como cultivo de cobertura en el plátano (Gutiérrez *et al.*, 2002), los cítricos (Fontes *et al.*, 2008) y el guayabo (Fontes *et al.*, 2018); y en este último cultivo se estudia como parte de un sistema diversificado donde se integran ovinos-frutal-leguminosa (Mazorra *et al.*, 2016).

A pesar de las potencialidades de *T. labialis*, en la actualidad no se ha podido extender su uso en los diferentes sistemas agropecuarios debido principalmente al bajo porcentaje de germinación, como resultado de la dormancia física presente en las semillas (Acosta *et al.*, 2020c, Acosta *et al.*, 2023), a lo que se suma el lento crecimiento de las plántulas en la etapa inicial del establecimiento en campo (González, 2011). Precisamente esta última problemática se debe a que el tamaño pequeño de las semillas limita la disponibilidad de reservas necesarias para la emergencia y el crecimiento inicial de las plántulas (Acosta *et al.*, 2020a).

En la actualidad existen técnicas que actúan sobre el metabolismo pre-germinativo de la semilla y estimulan procesos que son cruciales para mejorar la germinación, la emergencia y la resistencia al estrés de las plántulas (Bewley *et al.*, 2013, Ibrahim, 2016, Pagano; Macovei y Balestrazzi, 2023). Las semillas viables con alto vigor ofrecen varias ventajas, que incluyen germinación sincronizada, emergencia bajo condiciones ambientales adversas y tolerancia al estrés (Veena y Puthur 2022; Zrig *et al.* 2022). Para revigorizar las semillas, se utilizan diferentes técnicas, definidas integralmente como acondicionadores de semillas o *seed priming* (Ibrahim, 2016, Rakshit y Singh, 2018), entre las que se encuentra la imbibición de semillas en condiciones controladas, en agua o en soluciones que contienen diferentes tipos de agentes de imprimación (Pagano; Macovei y Balestrazzi, 2023).

Estos tratamientos permiten reducir el tiempo entre la siembra de las semillas y la emergencia de las plántulas; además de favorecer la sincronización de la emergencia (Sanchez *et al.*, 1997). Teniendo en cuenta los principios de la agricultura orgánica, en los últimos años, se ha incrementado el interés por el uso de sustancias orgánicas agentes acondicionadores de semillas. Este proceso se conoce como acondicionamiento orgánico (Mavi, 2010) y se han utilizado varios agentes acondicionadores, entre los que se encuentran: extractos de ajo, algas, té verde, hidrolizados de proteínas, desechos de la industria alimentaria y diferentes microorganismos (Martínez, 2016, Bulgari; Franzoni y Ferrante, 2019, Gupta *et al.*, 2022).

En este sentido, los microorganismos autóctonos benéficos o microorganismos eficiente, como se denominan en la literatura, se han utilizado para el acondicionamiento de semillas de *Dacus carota* L. y *Allium sativum* L. (Bennett; Mead y Whipps, 2009, Zhao *et al.*, 2021), *Brassica oleracea* L. (Hassini *et al.*, 2017) y en *Triticum spp.* y *Zea mays* L. (Garcia *et al.*, 2021). Sin embargo, en la literatura consultada no existen evidencias del uso del acondicionamiento con microorganismos autóctonos benéficos en semillas de leguminosas forrajeras. Por lo tanto, bajo estas circunstancias, la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de cuatro formulaciones de microorganismos autóctonos benéficos (MABs) en la germinación y el vigor de semillas de *T. labialis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Generalidades

Los experimentos se desarrollaron en el Laboratorio de Interacción Planta-Microorganismos del Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba. Se utilizaron semillas de *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng cosechadas en el año 2022 con una viabilidad del 96 % y un contenido de humedad del 8 %, las semillas se almacenaron durante 6 meses acorde a lo descrito por Acosta *et al.* (2020b). Fueron utilizados las formulaciones de microorganismos autóctonos benéficos (MABs) comerciales siguientes: IH-Plus (producido en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey), ME-50 (producido en la Empresa Labiofam Ciego de Ávila), Lebame (producido en Artemisa) y la formulación en proceso de caracterización: RH-Vigía (producido en la Finca de referencia Rincón los Hondones).

Acondicionamiento de las semillas

Para el acondicionamiento de las semillas se utilizaron cuatro concentraciones de cada formulación de MABs (0, 5, 10 y 15 %) y dos tiempos de imbibición (3 y 6 h). Se realizaron nueve tratamientos como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos formulados de la interacción de cuatro concentraciones de MABs y dos tiempos de imbibición de la semilla. La nomenclatura es válida para cada uno de los MAB que se ensayaron.

| Tratamientos | Concentración de los MABs (%) | Tiempo de acondicionamiento (h) |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| TM ₀ | Semillas sin tratar (control) | |
| TM ₁ | 0 (agua pura) | 3 |
| TM ₂ | 0 (agua pura) | 6 |
| TM ₃ | 5 | 3 |
| TM ₄ | 5 | 6 |
| TM ₅ | 10 | 3 |
| TM ₆ | 10 | 6 |
| TM ₇ | 15 | 3 |
| TM ₈ | 15 | 6 |

Después del acondicionamiento las semillas se pusieron a deshidratar durante 24 h a 25°C. Para cada combinación de concentración de MAB y tiempo de acondicionamiento se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas, cada una, que se pusieron a germinar en placas de Petri sobre papel de filtro previamente humedecido con agua destilada.

Determinaciones realizadas

Porcentaje de germinación (%): Durante 14 días se contaron las semillas que germinaron y se calculó el porcentaje de germinación en referencia al total de semillas.

Como semillas germinada se consideró aquella que la radícula medía cómo mínimo 2 mm de longitud (ISTA, 2016).

Determinación del vigor: Con los datos obtenidos durante la germinación se calcularon las siguientes variables numéricas asociadas al vigor: (IG) Índice de germinación, (T_{50}) tiempo necesario para que germine el 50 % de las semillas, (UG) uniformidad de la germinación y (TMG) tiempo medio de germinación (Ranal *et al.*, 2009).

$$T_{50} = \frac{t_i + \left(\left[\frac{N}{\left(\frac{100}{50} \right)} - n_i \right] * (t_j - t_i) \right)}{(n_j - n_i)} \quad \text{Farooq et al. (2005)}$$

Leyenda: T_{50} (tiempo necesario para que germine el 50 % de las semillas, días), N (número final de semillas que germinaron), n_i y n_j son el número total de semillas que germinaron en conteos adyacentes en el tiempo t_i y t_j , respectivamente, donde:

$$n_i < \frac{N+1}{2} < n_j$$

$$IG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right) \quad \text{Maguire (1962)}$$

Leyenda: **IG** (índice de germinación, semillas días⁻¹), n_i (número de semillas que germinaron en cada día del recuento diario hasta el último día), t_i (número de días después que comenzó el experimento en cada recuento).

$$TMG = \frac{\sum (n_i * t_i)}{(\sum n_i)} \quad \text{Labouriau (1983)}$$

Leyenda: **TMG** (tiempo medio de germinación, días), n_i (número de semillas que germinaron por día, no el número acumulado, sino el número correspondiente a la i -ésima observación) y t_i (tiempo desde el inicio de la prueba de germinación hasta la i -ésima observación, días).

$$UG = T_{90} - T_{10} \quad \text{Demilly et al. (2014)}$$

Leyenda: **UG** (uniformidad de la germinación, días), T_{90} (tiempo necesario para que germine el 90 % de las semillas, días) y T_{10} (tiempo necesario para que germine el 10 % de las semillas, días).

Procesamiento estadístico de los resultados

En el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el SPSS (Versión 11.5 para Windows, SPSS Inc.). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) simple. Las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba de rangos múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$) previa comprobación de los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Levene). En algunos casos fue necesaria la

transformación de los datos para lograr los supuestos de las pruebas paramétricas realizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra los resultados obtenidos al evaluar el efecto del acondicionamiento de las semillas de *T. labialis* sobre la germinación. El mayor porcentaje de germinación con el uso de IH-Plus se observó con 3 h de imbibición a una concentración de 5 %. Para los microorganismos (ME-50 y Lebame se observó el mejor porcentaje de germinación a una concentración de 5 y 10 % tanto a las 3 h como a las 6 h de imbibición, y RH-Vigía) el mayor porcentaje de germinación se apreció a una concentración del 5 %, en 3 h.

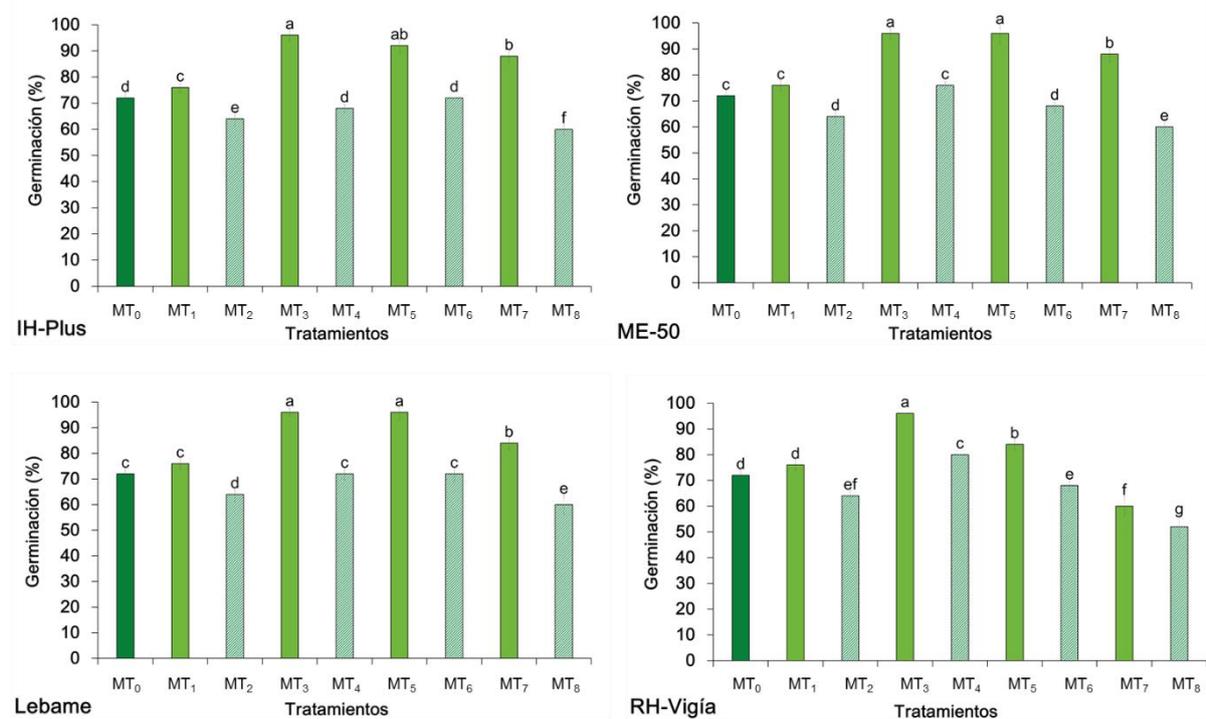


Figura 1. Efecto de los MABs en el porcentaje de germinación de semillas de *T. labialis*. Resultados con letras desiguales son estadísticamente diferentes (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n=4$). Solo para el procesamiento estadístico los datos se transformaron según $y' = 2 \cdot \arcsen((y/100)^{0,5})$. Las líneas verticales representan el error estándar de la media (\pm).

El incremento de la concentración de los MABs hasta un 15 % insidió en un decrecimiento en el porcentaje de germinación de las semillas. Los cálculos asociados al vigor de la germinación fueron estadísticamente superiores con el acondicionamiento de las semillas con IH-Plus al 5 % durante 3 h (tabla 2).

Tabla 2: Efecto del IH-Plus en indicadores asociados al vigor de la germinación en semillas de *T. labialis*

| Tratamientos | IG (semillas d ⁻¹) | T ₅₀ (d) | U (d) | TMG (d) |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| MT ₀ | 7,06 ± 0,48 (e) | 3,50 ± 0,12 (d) | 2,96 ± 0,21 (e) | 3,45 ± 0,22 (d) |
| MT ₁ | 8,50 ± 0,63 (c) | 2,10 ± 0,06 (b) | 2,48 ± 0,14 (d) | 3,08 ± 0,15 (c) |
| MT ₂ | 7,66 ± 0,44 (de) | 2,50 ± 0,05 (c) | 1,90 ± 0,12 (c) | 3,00 ± 0,14 (c) |
| MT ₃ | 10,75 ± 0,54 (a) | 1,83 ± 0,04 (a) | 1,40 ± 0,09 (a) | 2,44 ± 0,16 (a) |
| MT ₄ | 8,66 ± 0,55 (c) | 2,41 ± 0,08 (c) | 1,98 ± 0,11 (c) | 2,87 ± 0,13 (b) |
| MT ₅ | 9,58 ± 0,31 (b) | 1,88 ± 0,05 (a) | 1,49 ± 0,06 (a) | 2,66 ± 0,13 (ab) |
| MT ₆ | 8,41 ± 0,41 (c) | 2,55 ± 0,06 (c) | 1,66 ± 0,07 (b) | 2,60 ± 0,11 (a) |
| MT ₇ | 8,16 ± 0,32 (cd) | 2,44 ± 0,09 (c) | 1,66 ± 0,09 (b) | 2,91 ± 0,11 (bc) |
| MT ₈ | 8,58 ± 0,51 (c) | 2,43 ± 0,05 (c) | 1,72 ± 0,08 (bc) | 2,91 ± 0,15 (bc) |

Resultados con letras desiguales, en cada columna, son estadísticamente diferentes (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n=4$). (IG) Índice de germinación, (T₁₀, T₅₀ y T₉₀) tiempo necesario para que germinen el 10 %, el 50 % y el 90 % de las semillas, (UG) uniformidad de la germinación y (TMG) tiempo medio de germinación. Los intervalos indican la media ± error estándar de la media.

El uso de ME-50 propició los mejores resultados de vigor de las semillas a una concentración de 5 % y 10 % durante 3 h de acondicionamiento (tabla 3). El incremento en la concentración de este microorganismo causó un decrecimiento en el vigor de las semillas, expresado en bajos resultados obtenidos en todos los cálculos realizados.

Tabla 3: Efecto del ME-50 en indicadores asociados al vigor de la germinación en semillas de *T. labialis*

| Tratamientos | IG (semillas d ⁻¹) | T ₅₀ (d) | U (d) | TMG (d) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| MT0 | 7,06 ± 0,22 (e) | 3,50 ± 0,19 (d) | 2,96 ± 0,21 (e) | 3,45 ± 0,23 (d) |
| MT1 | 8,91 ± 0,24 (b) | 2,88 ± 0,11 (c) | 2,48 ± 0,18 (d) | 2,60 ± 0,15 (a) |
| MT2 | 7,66 ± 0,32 (d) | 2,50 ± 0,16 (b) | 1,90 ± 0,07 (c) | 3,00 ± 0,22 (c) |
| MT3 | 9,16 ± 0,37 (ab) | 2,09 ± 0,12 (a) | 1,46 ± 0,07 (a) | 2,59 ± 0,14 (a) |
| MT4 | 8,25 ± 0,31 (c) | 2,43 ± 0,11 (b) | 1,77 ± 0,08 (bc) | 2,91 ± 0,16 (bc) |
| MT5 | 9,50 ± 0,33 (a) | 2,06 ± 0,11 (a) | 1,35 ± 0,08 (a) | 2,69 ± 0,12 (ab) |
| MT6 | 7,91 ± 0,29 (cd) | 2,50 ± 0,13 (b) | 1,67 ± 0,08 (b) | 3,00 ± 0,23 (c) |
| MT7 | 8,25 ± 0,27 (c) | 2,41 ± 0,15 (b) | 2,21 ± 0,11 (d) | 2,86 ± 0,11 (bc) |
| MT8 | 7,00 ± 0,32 (e) | 2,62 ± 0,12 (bc) | 1,95 ± 0,09 (c) | 3,14 ± 0,23 (cd) |

Resultados con letras desiguales, en cada columna, son estadísticamente diferentes (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n=4$). (**IG**) Índice de germinación, (**T₁₀**, **T₅₀** y **T₉₀**) tiempo necesario para que germinen el 10 %, el 50 % y el 90 % de las semillas, (**UG**) uniformidad de la germinación y (**TMG**) tiempo medio de germinación. Los intervalos indican la media \pm error estándar de la media.

El acondicionamiento de las semillas con Lebame mostró los mejores resultados en el vigor de las semillas a una concentración de 5 %, 10 % y 15 % durante 3 h de exposición (tabla 4), mientras que el aumento de la concentración de este bioproducto redujo el valor de todos los cálculos asociados al vigor de las semillas.

Tabla 4: Efecto del Lebame en indicadores asociados al vigor de la germinación en semillas de *T. labialis*

| Tratamientos | IG (semillas d ⁻¹) | T ₅₀ (d) | U (d) | TMG (d) |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| MT0 | 7,06 \pm 0,35 (c) | 3,50 \pm 0,21 (e) | 2,96 \pm 0,17 (e) | 3,45 \pm 0,20 (d) |
| MT1 | 9,50 \pm 0,63 (ab) | 2,04 \pm 0,10 (bc) | 2,48 \pm 0,11 (d) | 2,60 \pm 0,13 (ab) |
| MT2 | 7,66 \pm 0,55 (c) | 2,05 \pm 0,09 (bc) | 1,90 \pm 0,06 (c) | 3,00 \pm 0,21 (c) |
| MT3 | 10,00 \pm 0,67 (a) | 1,82 \pm 0,06 (a) | 1,46 \pm 0,04 (a) | 2,39 \pm 0,11 (a) |
| MT4 | 9,00 \pm 0,51 (ab) | 2,33 \pm 0,16 (d) | 1,58 \pm 0,03 (b) | 2,75 \pm 0,16 (bc) |
| MT5 | 9,50 \pm 0,71 (ab) | 1,88 \pm 0,06 (ab) | 1,59 \pm 0,03 (b) | 2,52 \pm 0,15 (ab) |
| MT6 | 8,91 \pm 0,37 (b) | 2,25 \pm 0,11 (d) | 1,61 \pm 0,05 (b) | 2,69 \pm 0,13 (bc) |
| MT7 | 9,08 \pm 0,45 (ab) | 2,15 \pm 0,11 (cd) | 2,00 \pm 0,05 (c) | 2,69 \pm 0,15 (bc) |
| MT8 | 7,75 \pm 0,41 (c) | 2,37 \pm 0,15 (d) | 1,95 \pm 0,06 (c) | 2,85 \pm 0,16 (bc) |

Resultados con letras desiguales, en cada columna, son estadísticamente diferentes (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n=4$). (**IG**) Índice de germinación, (**T₁₀**, **T₅₀** y **T₉₀**) tiempo necesario para que germinen el 10 %, el 50 % y el 90 % de las semillas, (**UG**) uniformidad de la germinación y (**TMG**) tiempo medio de germinación. Los intervalos indican la media \pm error estándar de la media.

El acondicionamiento de las semillas con el microorganismo RH-Vigía a una concentración de 5 %, 10 % y 15 % durante 3 h mejoró el vigor de las semillas cómo se muestra en la tabla 5. Para este microorganismo el incremento de la concentración ocasionó una disminución del vigor en comparación con las semillas sin tratar.

Tabla 5: Efecto del RH-Vigía en indicadores asociados al vigor de la germinación en semillas de *T. labialis*

| Tratamientos | IG (semillas d ⁻¹) | T ₅₀ (d) | U (d) | TMG (d) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| MT0 | 7,06 \pm 0,45 (d) | 3,50 \pm 0,23 (f) | 2,96 \pm 0,18 (e) | 3,45 \pm 0,24 (d) |
| MT1 | 9,50 \pm 0,62 (bc) | 1,88 \pm 0,06 (b) | 2,48 \pm 0,15 (d) | 2,60 \pm 0,11 (b) |
| MT2 | 7,66 \pm 0,56 (d) | 2,50 \pm 0,14 (d) | 1,90 \pm 0,09 (b) | 3,00 \pm 0,15 (c) |
| MT3 | 11,33 \pm 0,75 | 1,69 \pm 0,05 | 1,50 \pm 0,04 | 2,28 \pm 0,12 |

| | | | | |
|------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | (a) | (a) | (a) | (a) |
| MT4 | 8,66 ± 0,48 (c) | 2,12 ± 0,09 (c) | 2,23 ± 0,11 (c) | 2,72 ± 0,15 (b) |
| MT5 | 11,08 ± 0,83 (a) | 1,73 ± 0,04 (a) | 1,63 ± 0,05 (a) | 2,36 ± 0,12 (a) |
| MT6 | 7,58 ± 0,45 (d) | 2,45 ± 0,12 (d) | 2,23 ± 0,10 (c) | 2,95 ± 0,21 (bc) |
| MT7 | 10,08 ± 0,63 (ab) | 1,85 ± 0,06 (b) | 2,00 ± 0,08 (b) | 2,54 ± 0,12 (ab) |
| MT8 | 5,61 ± 0,37 (e) | 2,94 ± 0,24 (e) | 2,00 ± 0,07 (b) | 3,57 ± 0,26 (d) |

Resultados con letras desiguales, en cada columna, son estadísticamente diferentes (ANOVA simple, $P \leq 0,05$; $n=4$). (**IG**) Índice de germinación, (**T₁₀**, **T₅₀** y **T₉₀**) tiempo necesario para que germinen el 10 %, el 50 % y el 90 % de las semillas, (**UG**) uniformidad de la germinación y (**TMG**) tiempo medio de germinación. Los intervalos indican la media ± error estándar de la media.

El acondicionamiento de semillas activa varios procesos que estimulan la germinación y persisten después de la deshidratación de la semilla (Gupta *et al.*, 2022, Pagano; Macovei y Balestrazzi, 2023). Por lo tanto, al momento de la siembra, las semillas preparadas pueden absorber rápidamente y restaurar el metabolismo, lo que da como resultado una mayor tasa de germinación, una disminución de la germinación no uniforme y un mejor desarrollo de las plántulas (Wright; Rowse y Whipps, 2003, Gupta *et al.*, 2022). Los resultados obtenidos en *T. labialis* demuestran que el acondicionamiento mejoró la germinación y el vigor de las semillas, lo que concuerda con los planteamientos expuestos anteriormente.

Durante la germinación de las semillas las proteínas de reserva son hidrolizadas por proteasas y movilizadas para abastecer aminoácidos. Estos son utilizados en la biosíntesis de nuevas proteínas y la generación de energía, lo cual influye de manera positiva en el desarrollo del embrión (Keita; Kato y Minamikawa, 1999). El efecto positivo observado con el uso de los MABs en la germinación de las semillas de *T. labialis* puede deberse, a que, el acondicionamiento de semillas permite que estas alcancen rápidamente el estado metabólico deseado, como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con la germinación y emergencia, la tolerancia al estrés ambiental y a la autoreparación de las membranas celulares (Martínez *et al.*, 2014).

Por lo tanto, el acondicionamiento de las semillas de *T. labialis* en realidad activa el metabolismo pre-germinativo que incluye una amplia gama de funciones fisiológicas. Esto activa las vías de reparación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y los sistemas de eliminación de especies reactivas de oxígeno (ROS), que contribuyen a la respuesta de germinación de las semillas y también ayudan a mejorar el vigor de las

mismas (Paparella *et al.*, 2015). Como se pudo comprobar en esta investigación, el acondicionamiento de las semillas mejoró el vigor, lo que puede conducir a mejorar las respuestas de defensa de las semillas ante escenarios desfavorables durante la germinación, como pueden ser, altas temperaturas, déficit hídrico y ataque de patógenos.

CONCLUSIONES

Las cuatro formulaciones de microorganismos autóctonos benéficos (MABs) utilizados mejoraron la germinación y el vigor de las semillas de *T. labialis*. No obstante, los mejores resultados se obtuvieron con una concentración de microorganismos entre 5 y 10 % y un tiempo de acondicionamiento de 3 horas. Mientras que concentraciones de microorganismos del 15 % disminuyeron el porcentaje de germinación y el vigor de las semillas en comparación con el tratamiento control, lo que evidencia efectos nocivos para la germinación de *T. labialis*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, Y. ... [et al.] (2023). Morpho-anatomical evaluation of *Teramnus labialis* seeds: strategies to overcome physical dormancy. *Biología*. Vol. 1, No. 1, pp. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01341-6>. Visitado: 12 de enero de 2023.
- ACOSTA, Y. ... [et al.] (2020a). Perspectivas de *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng para el desarrollo de sistemas agrícolas en Cuba. *Revista de Producción Animal*. Vol. 32, No. 3, pp. 79-87.
- ACOSTA, Y. ... [et al.] (2020b). Effect of storage time on the quality of *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng seeds. *Universidad & ciencia*. Vol. 9, No. 2, pp. 44-55.
- ACOSTA, Y. ... [et al.] (2020c). Heteromorphic seed germination and seedling emergence in the legume *Teramnus labialis* (Lf) Spreng (Fabaceae). *Botany*. Vol. 98, No. 7, pp. 371-379.
- BENNETT, A. J., MEAD, A. y WHIPPS, J. M. (2009). Performance of carrot and onion seed primed with beneficial microorganisms in glasshouse and field trials. *Biological Control*. Vol. 51, No. 3, pp. 417-426.
- BEWLEY, J. D. ... [et al.] (2013). *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. New York, NY: Springer. 392 p.

- BULGARI, R., FRANZONI, G. y FERRANTE, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*. Vol. 9, No. 6, pp. 1-30.
- DEMILLY, D. ... [et al.] (2014). Digital imaging of seed germination. *Plant Image Analysis: Fundamentals and Applications*. Vol. 1, No. 1, pp. 147-164.
- FAROOQ, M. ... [et al.] (2005). Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. *Journal of Integrative Plant Biology*. Vol. 47, No. 2, pp. 187-193.
- FONTES, D. ... [et al.] (2008). Selección de leguminosas herbáceas para el fomento de cobertura en plantaciones de naranja *Valencia late*. *Pastos y Forrajes*. Vol. 32, No. 1, pp. 1-11.
- FONTES, D. ... [et al.] (2018). Comportamiento productivo de coberturas vivas de leguminosas herbáceas en una plantación de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Enana Roja Cubana eea-1840. *Universidad & ciencia*. Vol. 7, No. 2, pp. 297-308.
- GARCIA, D. ... [et al.]. (2021). Seed priming technology as a key strategy to increase crop plant production under adverse environmental conditions. *Preprints.org*, 2021090364. Disponible en: <https://doi.org/10.20944/preprints202109.0364.v1>. Visitado: 25 de enero de 2023.
- GONZÁLEZ, Y. (2011). Calidad de las semillas de accesiones colectadas en las regiones occidental, oriental y central de Cuba (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. Vol. 34, No. 3, pp. 259-266.
- GUPTA, S. ... [et al.] (2022). Role of non-microbial biostimulants in regulation of seed germination and seedling establishment. *Plant Growth Regulation*. Vol. 97, No. 2, pp. 271-313.
- GUTIÉRREZ, I. R. ... [et al.] (2002). Coberturas vivas de leguminosas en el plátano (*Musa* sp.) FHIA 03. *Cultivos tropicales*. Vol. 23, No. 3, pp. 11-17.
- HASSINI, I. ... [et al.] (2017). Improvement of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) growth and quality by KCl seed priming and methyl jasmonate under salinity stress. *Scientia Horticulturae*. Vol. 226, No. 1, pp. 141-151.
- IBRAHIM, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of plant physiology*. Vol. 192, No. 2, pp. 38-46.
- ISTA. (2016). International rules for seed testing. I. S. T. Association. Bassersdorf, Suiza: 192 p.

- KEITA, S., KATO, H. y MINAMIKAWA, T. (1999). Identification and possible roles of three types of endopeptidase from germinated wheat seeds. *The Journal of Biochemistry*. Vol. 126, No. 4, pp. 700-707.
- LABOURIAU, L. (1983). Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes. Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica. SBB, Porto Alegre.
- MACHADO, R. y OLIVERA, Y. (2008). Caracterización morfológica de una colección de *Teramnus* spp. *Pastos y forrajes*. Vol. 31, No. 2, pp. 119-127.
- MAGUIRE, J. D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. *Crop science*. Vol. 2, No. 2, pp. 176-177.
- MARTÍNEZ, E. ... [et al.] (2014). Efecto del pre-acondicionamiento de semillas en el crecimiento y desarrollo de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) usando soluciones orgánicas. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3659>. Visitado: 25 de enero de 2023.
- MARTÍNEZ, J. (2016). Increase of germination in *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds by hydration-dehydration cycles and fluctuations in temperature. *Acta Botánica Cubana*. Vol. 215, No. 3, pp. 1-10.
- MAVI, K. (2010). The relationship between seed coat color and seed quality in watermelon Crimson sweet. *Horticultural Science*. Vol. 37, No. 2, pp. 62-69.
- MAZORRA, C. A. ... [et al.] (2016). Diagnóstico tecnológico y socioeconómico del establecimiento de *Psidium guajava* L. y *Teramnus labialis* en Ciego de Ávila, Cuba. *Pastos y forrajes*. Vol. 39, No. 4, pp. 259-264.
- MENÉNDEZ, J. (1982). *Teramnus* Swartz. *Pastos y forrajes*. Vol. 5, No. 3, pp. 251-263.
- PAGANO, A., MACOVEI, A. y BALESTRAZZI, A. (2023). Molecular dynamics of seed priming at the crossroads between basic and applied research. *Plant Cell Reports*: pp. 1-32.
- PAPARELLA, S. ... [et al.] (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant cell reports*. Vol. 34, No. 8, pp. 1281-1293.
- RAKSHIT, A. y SINGH, H. B. (2018). Advances in seed priming. Singapore, Springer.
- RANAL, M. A. ... [et al.] (2009). Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Revista Brasileira de Botânica*. Vol. 32, No. 4, pp. 849-855.

- SANCHEZ, J. A. ... [et al.] (1997). Correlación entre el heteromorfismo somático y la respuesta germinativa de semillas de *Mastichodendron foetidissimum* (Jacq.) Cronq. *Acta Botanica Mexicana*. Vol. 38, No. 1, pp. 1-7. 10.21829/abm38.1997.770.
- TORAL, O. C., NAVARRO, M. y REINO, J. (2015). Prospection and collection of species of interest for livestock production in two Cuban provinces. *Pastos y Forrajes*. Vol. 38, No. 3, pp. 220-225.
- WRIGHT, B., ROWSE, H. y WHIPPS, J. (2003). Application of beneficial microorganisms to seeds during drum priming. *Biocontrol Science and Technology*. Vol. 13, No. 6, pp. 599-614.
- ZHAO, S. ... [et al.] (2021). Hydro-electro hybrid priming promotes carrot (*Daucus carota* L.) seed germination by activating lipid utilization and respiratory metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 22, No. 20, pp. 11090.