



«VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar»

Número de proyecto: 1436

Acrónimo del proyecto: Valuefarm

Entregable 2.2

Manual electrónico multilingüe de información técnica y guías de buenas prácticas de los WEP seleccionados



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Document Information

Deliverable Number	2.2
Deliverable name	Multilingual electronic handbook of technical information and best practice guides of the selected WEPs
Contributing WP	WP2: Evaluation of WEPs under innovative farming systems
Contractual delivery date	M20, April 2022
Actual delivery date	M24, August 2022
Dissemination level	Public
Responsible partner	CSIC
Reviewers	All partners
Version	1



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto Valuefarm tiene como objetivo: 1) propagar y cultivar especies WEP seleccionadas, 2) describir y evaluar el desempeño agronómico de WEP a través de investigaciones de laboratorio y experimentación agrícola para establecer guías de mejores prácticas de los requisitos de las plantas con respecto a la nutrición mineral, el suelo y el clima. , huella ambiental (bajas emisiones de GEI, uso de agua y energía), Este informe constituye el entregable D2.2 – “Manual electrónico multilingüe de información técnica y guías de buenas prácticas de los WEP seleccionados”.

VALUEFARM EN CONTEXTO

Valuefarm es una acción de innovación que reúne a 9 socios de 8 países:

- University of Thessaly (UTH), **Grecia**
- Instituto Politécnico de Bragança (IPB), **Portugal**
- Cyprus University of Technology (CUT), **Chipre**
- Dokuz Eylul University (DEU), **Turquía**
- Ege University (EGE), **Turquía**
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), **España**
- Bergische Wuppertal University (BUW), **Alemania**
- Greek Fresh Vegetables IKE (GFV), **Grecia**
- Benha University (BU), **Egipto**
- University of Mostaganem (UM), **Argelia**



El principal objetivo de VALUEFARM es valorizar las pequeñas explotaciones mediterráneas mediante la introducción de plantas silvestres comestibles del Mediterráneo (WEP) como *Crithmum maritimum*, *Portulaca oleracea*, *Sonchus* sp., *Scolymus hispanicus* y *Cichorium spinosum* como cultivos complementarios dentro de un sector agrícola competitivo y un mundo que cambia el clima y cultivarlos desde un punto de vista sostenible. También se realizará la



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

evaluación del uso de WEPs en condiciones arduas (estrés de sequía y salinidad) y suelos marginales con poca materia orgánica, compactados o erosionados donde no se pueden cultivar cultivos convencionales; también evaluaremos la contribución del cultivo de WEP a la mejora de las propiedades del suelo al reducir o erradicar el uso de agroquímicos, y al introducir el uso de una agricultura más sostenible con bioestimulantes, biofertilizantes y bioplaguicidas y el uso de compost a medida. Finalmente, los WEP seleccionados serán evaluados por su valor nutricional y contenido en compuestos bioactivos para seleccionar y proponer aquellos sistemas de cultivo que incrementen la calidad del producto final y su valor agregado.

Los objetivos clave de la propuesta se resumen de la siguiente manera: 1) propagar y cultivar especies WEP seleccionadas, 2) describir y evaluar el rendimiento agronómico de WEP a través de investigación de laboratorio y experimentación agrícola para establecer guías de mejores prácticas de requisitos de las plantas con respecto a la nutrición mineral, suelo y clima, huella ambiental (bajas emisiones de GEI, uso de agua y energía), 3) evaluar el potencial de cultivo de WEP en suelos degradados y evaluar sus propiedades de mejora del suelo, 4) diversificar los sistemas agrícolas existentes del monocultivo a sistemas agroecológicos ricos en diversidad a través de la incorporación de WEP en sistemas mixtos e intercalados y programas de rotación de cultivos combinados con leguminosas, 5) para evaluar enfoques innovadores (biofertilizantes, bioestimulantes o compost a medida que incluyen microorganismos benéficos: rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR); hongos promotores del crecimiento vegetal (PGPF), hongos micorrícicos arbusculares (AMF)), 6) analizar la composición química, el valor nutricional y el contenido de compuestos bioactivos de los WEP, 7) aumentar el conocimiento y la conciencia pública sobre el valor nutricional y el contenido de compuestos bioactivos de las WEPs, así como sobre su impacto ambiental (resistencia/tolerancia a la sequía y factores de estrés salino), 8) crear laboratorios físicos a través de una red de agricultores para la demostración en finca e implementar plataformas living lab para la transferencia tecnológica en cada zona del proyecto de los resultados clave obtenidos, lo que facilitará la adaptación de pequeñas explotaciones mediterráneas a los sistemas de cultivo propuestos.

El paquete de trabajo 2 tiene como objetivo seleccionar WEP capaces de adaptarse a las condiciones climáticas mediterráneas propuestas, proporcionar una caracterización agronómica de las WEP seleccionadas y finalmente integrarlas en sistemas agrícolas sostenibles.

El Entregable 2.2 recopila la información técnica relacionada en un manual multilingüe, incluidas las guías de mejores prácticas para el cultivo de las especies seleccionadas.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

VISIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

A La agricultura se enfrenta a varios riesgos en la actualidad; El creciente calentamiento global que prevalece en todo el mundo se traduce en un aumento de las temperaturas y provoca la falta de disponibilidad de agua para la producción de los cultivos. El calor y la sequía son factores ambientales que también pueden causar condiciones estresantes en las plantas, siendo el déficit hídrico el estrés abiótico más prevalente y responsable de las principales pérdidas de cultivos (Walters et al., 1980; Savinab y Nicolas, 1996). Asimismo, la degradación del suelo provocada por la agricultura intensiva debido al uso irracional de fertilizantes y pesticidas, también provoca una pérdida de la fertilidad del suelo, principalmente una reducción de la materia orgánica del suelo (MOS). El 25% del suelo ocupado por la agricultura ya se considera degradado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2022). Esta es la razón por la que las preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas están aumentando, especialmente en lo que respecta a la gestión de la calidad del suelo. Se ha demostrado que la agricultura orgánica aumenta la materia orgánica del suelo y la capacidad de retención de agua. También aumentan las características ecológicas y bioquímicas, mejora la estructura y permeabilidad del suelo y disminuye la lixiviación de N en comparación con los suelos manejados exclusivamente por regímenes agrícolas convencionales (Gomiero et al., 2011). La materia orgánica juega un papel clave en la calidad del suelo y los ecosistemas del suelo porque proporciona sustratos para los microbios en descomposición y aumenta la actividad microbiana del suelo que suministra nutrientes minerales a las plantas y, por lo tanto, aumenta el crecimiento y el rendimiento de las plantas (Abiven et al., 2009). A pesar de eso, la transición al manejo orgánico puede llevar varios años detectar el aumento de la MOS debido a la naturaleza compleja de los manejos de la agricultura orgánica (Clark et al., 1998).

Se ha demostrado que las enmiendas orgánicas del suelo, como el abono animal y verde, los cultivos intercalados o el guano, se utilizan en la agricultura desde hace mucho tiempo y se han utilizado ampliamente en los sistemas agrícolas tradicionales hasta la aparición de los fertilizantes nitrogenados durante la Revolución Verde en la década de 1950. Hoy en día, las enmiendas orgánicas más comunes se pueden clasificar en cinco categorías: estiércol animal, biosólidos y aguas residuales municipales, abonos verdes y residuos de cultivos, residuos y desechos de alimentos, desechos de procesos de fabricación y compost (Goss et al., 2013).

La transición a la agricultura orgánica y el establecimiento de prácticas agrícolas sostenibles pueden mejorar los sistemas agrícolas en condiciones a largo plazo, pero, en suelos ya degradados donde los cultivos convencionales son difíciles, si no imposibles de cultivar, la agricultura orgánica puede no ser suficiente para recuperar la calidad del suelo y mantener la viabilidad económica para los agricultores (Raleigh y Urdal, 2007).

Una alternativa que se propone ante tales situaciones es revalorizar los suelos agrícolas degradados mediante la implantación de nuevos cultivos/variedades bien adaptados a las condiciones naturales adversas y de fácil manejo. Este es el caso de las plantas silvestres comestibles (WEPs). Los WEP son especies de plantas nativas, capaces de crecer en condiciones naturales sin intervención humana, tradicionalmente utilizadas como fuente de alimento o como ingrediente complementario en recetas locales, o incluso como 'alimentos de hambruna'. La disponibilidad de WEPs depende de la zona y de las condiciones ambientales, siendo el cultivo de WEPs adaptado a suelos áridos, escasez de agua y altas temperaturas en verano, los más interesantes en el caso de la cuenca mediterránea.

Encontrar y cultivar con éxito tales WEPs podría permitir a los agricultores utilizar sus tierras mediante el cultivo de especies de plantas alternativas/complementarias con prácticas



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

sostenibles, mientras recuperan y mejoran la calidad del suelo. Además, la valorización de WEPs puede ofrecer cultivos alternativos de alto valor a los mercados, debido al creciente interés en los últimos años por alimentos frescos, saludables y funcionales y la conciencia de los consumidores que demandan nuevos productos que mejoren la salud combinados con grandes propiedades gastronómicas. (Łuczaj et al., 2012; Ceccanti et al., 2018).

El objetivo principal de este deliverable es proporcionar información técnica sobre los requisitos de temperatura para la propagación sexual (semilla) de las especies estudiadas dentro del proyecto Valuefarm p. ej. *Scolymus hispanicus*, *Portulaca oleracea*, *Sonchus oleraceus*, *Cichorium spinosum* y *Crithmum maritimum*. Además, también se proporcionan las guías de buenas prácticas en cuanto a los requisitos de manejo de cultivos para el cultivo de las especies seleccionadas.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La **achicoria espinosa** (*Cichorium spinosum* L., Asteraceae) es una especie herbácea perenne que se encuentra comúnmente en las zonas costeras y montañosas de la región mediterránea, mientras que recientemente se ha cultivado comercialmente como verdura de hoja (Petropoulos et al., 2018). Sus hojas son coriáceas-carnosas y gruesas y tienen un color verde oscuro. También forman una roseta de tierra esférica, desde cuyo centro crece el tallo floral de la planta en primavera y cuando entra en la fase reproductiva. El tallo floral es una inflorescencia multiramificada con ramas lisas, con surcos alargados, mientras que su parte superior es espinosa, roma y sin hojas formando un arbusto espinoso, de ahí su nombre de “achicoria espinosa”. Durante esta fase (reproductiva), la altura de la planta alcanza los 20-40 cm. Forma una raíz pivotante que puede alcanzar una profundidad de hasta 30 cm. Sus hojas son rampantes y están generalmente (pero no siempre) confinadas a la base de los brotes, de 3-15 cm de largo, las inferiores libremente pinnadas o lanceoladas, dentadas con un lóbulo terminal deltoideo oblongo y romo. Los lóbulos laterales suelen ser dentados o enteros. La base de las hojas es lisa con un pecíolo muy corto. Los capítulos florales son pequeños, con una vaina cilíndrica estrecha y con 5 flores azules, axilares, terminales o epífitas e incluyen varias flores completas, es decir, hermafroditas, con un período de floración de junio a agosto. Después de la fecundación de las flores y la caída de sus pétalos, sigue la etapa de fructificación del pedúnculo, es decir, la creación del sincarpo, que suele incluir 4-5 semillas. Las semillas en el interior de los frutos son de 2,5 mm de largo y ovoides, con ápice puntiagudo y de color marrón. Durante este período (fecundación de las flores e inicio del cuajado) la aparición de altas temperaturas provoca el inicio de la lignificación del brote floral, la caída y secado de las hojas y el inicio de la lignificación de la espina.





Figura 1. Semillas de *Cichorium spinosum*.



Figura 2. Plántulas de *C. spinosum*.



Figura 3. La roseta de hojas de *C. spinosum*.



Figura 4. La formación de hojas nuevas después de la cosecha de la roseta principal.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 5. El desarrollo de la inflorescencia espinosa de *C. spinosum*; Foto izquierda: el inicio de la formación de la inflorescencia; Foto derecha: inflorescencia completamente desarrollada.



Figura 6. Plantas de *C. spinosum* en plena floración.



Figura 7. Plantas silvestres de *C. spinosum*.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

El hinojo marino (*Crithmum maritimum* L.) es una halófito facultativa y perenne, muy común en varios países mediterráneos como Grecia, Túnez y España (Jallali et al., 2012; Pereira et al., 2017; Renna & Gonnella, 2012). Es una especie comestible y medicinal que se usa comúnmente en platos tradicionales, mientras que generalmente crece en áreas costeras, muelles, rocas y playas de arena (Renna & Gonnella, 2012). La parte comestible de la especie son sus hojas, que pueden consumirse frescas como verduras para ensalada, o en escabeche. Renna et al. (2017) han sugerido el uso de hojas secas para consumo humano, también como colorante. Además, Siracusa et al. (2011) sugirieron el uso de flores y tallos como infusiones, mientras que Pereira et al. (2017) informaron que todas las partes aéreas pueden ser una fuente alternativa de bebidas promotoras de la salud.



Figura 8. Semillas de *Crithmum maritimum*.



Figura 9. Plántula de *C. maritimum* antes (foto de la izquierda) y después del trasplante (foto de la derecha).



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 10. La parte comestible de las hojas (foto izquierda) y el brote (foto derecha) de *C. maritimum*.



Figura 11. Plantas de *C. maritimum* en plena floración (foto de la izquierda) e inflorescencia madura (foto de la derecha).



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 12. Plantas silvestres de *C. maritimum*.

La verdolaga común (*Portulaca oleracea* L.) se considera una planta silvestre comestible distribuida en todo el mundo y una de las tres malas hierbas más frecuentes en todo el mundo. Está presente principalmente en la cuenca Mediterránea, Asia, el Caribe, América del Norte, México y Australia. Es una planta anual suculenta herbácea miembro de la familia Portulacaceae (Miyanishi y Cavers, 1980). La verdolaga puede completar su ciclo de vida en 2 a 4 meses y tiene la capacidad de volver a enraizar después de cavar cuando los tallos permanecen húmedos (Cutney y Elmore, 1999). También puede pasar al metabolismo C4 (en condiciones de estrés) y, por lo tanto, tiene una alta eficiencia en el uso del agua, lo que convierte a la verdolaga en un cultivo alternativo altamente competitivo en tierras áridas, con escasez de agua y condiciones de altas temperaturas (Yazici et al., 2007; Ren et al., 2011; Jin et al., 2015, 2016). Tales características han llevado a algunos a considerar a la verdolaga como un 'alimento del futuro' (Simopoulos et al., 1995). Las semillas de verdolaga tienen solo 0,5 mm de diámetro.



Figura 13. Semillas de *Portulaca oleracea*.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 14. Plantas jóvenes de *P. oleracea* cultivadas en condiciones de campo.

VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 15. Brotes (foto de la izquierda) y copas de semillas inmaduras (foto de la derecha) de *P. oleracea*.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 16. Plantas de *P. oleracea* al inicio de la floración.

La **cerraja** (*Sonchus oleraceus* L.) es una hierba anual y/o bienal, de 40-150 cm de altura, que contiene látex blanco en sus partes vegetales. Primero forma una roseta en el suelo y luego desarrolla el tallo principal (inflorescencia) de hasta 1,5 m de altura y con una raíz primaria marcada y fuerte. La raíz principal es carnosa, erguida y con muchas ramas, especialmente cerca de la superficie del suelo. El tallo debajo de la inflorescencia es simple o ligeramente ramificado y glabro o glandular. Las hojas presentan una morfología diferente según su posición en la planta (las hojas basales y del tallo inferior son más pequeñas que las hojas del tallo medio, mientras que las hojas del tallo medio y superior son extremadamente variables, elípticas, oblanceoladas o lanceoladas y ligeramente espinosas. Las hojas son de color verde oscuro y brillante en el haz y verde claro en el envés. Las nervaduras centrales y los pecíolos de las hojas pueden contener pigmentos rojos, mientras que las láminas de las hojas pueden presentar motas rojas. La inflorescencia es corimbiforme o racemiforme corta, formando de unos pocos a varios capítulos. La capitula produce numerosos aquenios, cada uno con un mechón de pelos blancos esponjosos o pappus. La cabeza de la flor consta de 27-35 brácteas en forma de lanza, de 10-13 mm de largo y peludas cuando son jóvenes. Cada cabeza de la flor contiene 80-250 flores que son más largas que el involucro. Las flores son amarillas y la lígula es casi tan larga como la corola. Los aquenios son pardos, con dimensiones de 2.5-3.75 x 0.7-1 mm, oblanceolados. Las semillas de *S. oleraceus* son pequeñas (El peso de 100 semillas es de aproximadamente 0,02 g). *S. oleraceus* puede producir una cantidad sustancial de semillas que pueden dispersarse a través del viento. Una planta puede producir 4000-6000 semillas o más de latencia baja o semillas no latentes (Hutchinson et al., 1984; Ciocârlan, 1990). Las semillas maduras son marrones con costillas blancas y cubiertas de semillas ligeramente aserradas. Según la literatura, existe una gran variación en la morfología de las plantas y la adaptación a las condiciones ambientales, dependiendo del genotipo (Olivier et al., 2020).



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 17. Semillas de *Sonchus oleraceus*.





Figura 18. Plántula de *S. oleraceus* en una bandeja de semillas.



Figura 19. Roseta de hojas de *S. oleraceus*.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 20. Planta de *S. oleraceus* con inflorescencia completamente desarrollada.

VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 21. Inflorescencia inmadura (foto izquierda) y flor abierta (capítulo) de *S. oleraceus* (foto derecha).

El **cardo dorado común** o **cardo ostra español** (*Scolymus hispanicus* L.), es una planta con flores del género *Scolymus* de la familia Asteraceae, nativa del sur y oeste de Europa, del norte al noroeste de Francia. Es una especie herbácea bienal o perenne de vida corta con un tallo erguido grueso que crece hasta 80 cm de altura y tiene tallos y hojas espinosas y varias ramas y aletas. Tiene una raíz gruesa y profunda que exuda una savia lechosa y amarga cuando se corta. Sus hojas son blandas, lanceoladas, pinnadas, dentadas y espinosas y tienen tallos largos. Las cabezas de flores axilares individuales son de color amarillo brillante a amarillo anaranjado, de 2 a 3 cm de diámetro y consisten en muchas flores. Cada fruto contiene muchas semillas pequeñas y alargadas (achenia), con una formación de fibras transparentes en la parte superior, para facilitar su dispersión por el viento.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 22. Semillas de *Scolymus hispanicus*.



Figura 23. Plántulas de *S. hispanicus* en semilleros listos para trasplante.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 24. Plantas de *S. hispanicus* cultivadas en maceta (foto de la izquierda) y en el campo (foto de la derecha).

VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 25. Brote (foto izquierda) e inflorescencia (foto derecha) de *S. hispanicus*.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar



Figura 26. Raíces de planta *S. hispanicus* trasplantada.



Figura 27. Plantas de *S. hispanicus* en plena floración.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

PROPAGACIÓN

Verdolaga (*Portulaca oleracea*)

En el proyecto Valuefarm se probaron dos genotipos de verdolaga; un cultivar comercial obtenido de Hortus Sementi Srl. (Budrio, Italia) y un genotipo turco. El mayor porcentaje de germinación se obtuvo a los 5 días después de la siembra a 20 °C para el genotipo Hortus (98,3%), mientras que para el genotipo Turco, la misma temperatura fue la más beneficiosa aunque con una germinación más lenta (95% a los 7 días).



Figura 28. Semillas germinadas de *P. oleracea*.

Según la literatura, en condiciones adecuadas, la tasa de germinación puede llegar hasta el 90% en 24 horas (Holm et al., 1977; Chauhan y Johnson, 2009). La verdolaga muestra una alta variabilidad en la latencia de las semillas, lo que permite que las plantas eviten las bajas temperaturas y mantengan su vigor. Singh (1973) y Feng et al. (2015) recolectaron semillas de India y China que mostraron latencia pero otros estudios no encontraron latencia (Miyanishi y Cavers, 1980; Baskin y Baskin, 1987). Feng et al. (2015) probaron el efecto del almacenamiento a largo plazo y obtuvieron una mayor tasa de germinación cuando las semillas se almacenaron durante tres años a -20 °C, mientras que la temperatura de almacenamiento y su duración antes de la siembra también tuvieron un efecto en la germinación de la verdolaga; el porcentaje máximo de germinación (68,4%) se obtuvo cuando las semillas se mantuvieron a 45 °C durante 60 días. Chauhan y Johnson (2009) encontraron que la germinación de la verdolaga no se ve afectada por la duración del almacenamiento (hasta 6 meses) y que está fuertemente estimulada por la luz, ya que solo una pequeña proporción de semillas pudo germinar en la oscuridad, independientemente de la temperatura. En presencia de luz, la tasa de germinación osciló entre



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

70% tasa de germinación (25/15 °C; temperatura día/noche), 75% tasa de germinación (35/25 °C; temperatura día/noche) y 81% tasa de germinación (30/20 °C; temperatura día/noche) a diferentes tiempos de almacenamiento (0 a 6 meses) en cámara de germinación, mientras que en condiciones de campo reportaron una emergencia de plántulas de 17–20% cuando las semillas se sembraron en la superficie del suelo. Montoya-García et al., (2017) registraron tasas de germinación similares, entre 12,5-28,4%. Debido a la necesidad de luz para la germinación, la profundidad de siembra también es un factor importante, por lo que la máxima emergencia de las plántulas ocurre cuando las semillas se siembran en o cerca de la superficie del suelo y disminuye exponencialmente con el aumento de la profundidad, siendo mínima a 1 cm de profundidad y 0% a 2 cm (Chauhan y Johnson, 2009; Feng et al., 2015). Por el contrario, Benvenuti, Macchia y Miele (2001) registraron bajas tasas de emergencia de plántulas incluso a 6 cm. Estas diferencias pueden deberse a diferencias en la estructura o compactación del suelo, ya que las semillas son muy pequeñas y la energía disponible para la germinación puede no ser suficiente para permitir la emergencia en suelos pesados o compactados.

Cerraja (*Sonchus oleraceus*)

Se probaron dos genotipos de *Sonchus oleraceus*; un genotipo comercial obtenido de Geniki Fytotechniki S.A. (Grecia) y un tipo de genotipo silvestre recolectado en Grecia. En el caso del genotipo silvestre, el mayor porcentaje de germinación se registró para la temperatura de 30 °C a los diez días después de la siembra (71,7%), mientras que las semillas del genotipo comercial presentaron el mayor porcentaje de germinación ya sea a 15 °C (78,33 %, 8 días después de la siembra) o a 25 °C (78,33%, 11 días después de la siembra).

Las semillas de cerraja pudieron germinar en un amplio rango de temperaturas (25/15, 20/12 y 15/9 °C de temperatura diurna/nocturna) (Chauhan et al., 2006; Manalli et al., 2018). La germinación de las semillas se vio favorecida por la luz; sin embargo, también se produjo algo de germinación en la oscuridad. Más del 90 % de las semillas germinaron a un nivel bajo de salinidad (NaCl 40 mM), mientras que algunas semillas germinaron incluso a NaCl 160 mM (7,5 %). La germinación de semillas fue superior al 90 % en un rango de pH de 5 a 8, pero disminuyó al 77 % a pH 10. La emergencia de plántulas fue mayor (77 %) para las semillas presentes en la superficie del suelo, pero disminuyó con la profundidad de siembra y no emergieron plántulas de una profundidad de suelo de 5 cm (Chauhan et al., 2006; Manalli et al., 2018). Aunque *S. oleraceus* es una maleza importante en los cultivos de invierno, puede florecer en la fase de barbecho posterior al invierno y también en los cultivos de verano (Ali et al., 2020). La latencia permite a la especie sobrevivir en condiciones ambientales adversas; sin embargo, la falta de latencia primaria y la capacidad de germinar en diferentes entornos permiten que *S. oleraceus* emerja y se propague aprovechando cualquier condición favorable (Widderick et al., 2010). Además, las semillas de *S. oleraceus* se vieron favorecidas por temperaturas constantes (15-22 °C) que aumentaron la tasa de germinación en comparación con temperaturas alternas (Masin et al., 2017), mientras que la lluvia (eventos acumulativos únicos o consecutivos) también tuvo efecto en la tasa de germinación de las semillas (Werth et al., 2017).

Achicoria espinosa (*Cichorium spinosum*)

Se probó un genotipo comercial obtenido de Geniki Fytotechniki S.A. (Grecia). Las semillas mostraron un porcentaje de germinación muy bajo y una tasa de germinación muy lenta. El mayor porcentaje de germinación se registró a 25 °C, 25 días después de la siembra. Estos resultados indican que la achicoria espinosa tiene una baja capacidad de germinación innata debido a la latencia (externa o innata) o la viabilidad de la semilla.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Hasta el momento no se dispone de información sobre los requerimientos de temperatura para la germinación de la especie ni sobre la existencia de diversas formas de latencia. El pariente domesticado de la especie (*C. intybus*) necesita temperaturas de 21 °C para una germinación exitosa (Bais et al., 2001), mientras que factores ambientales como la temperatura, la salinidad, la disponibilidad de agua, el pH del suelo y la profundidad de siembra también pueden afectar al porcentaje de germinación (Vahabinia et al., 2019). Además, la tasa de crecimiento de las plántulas es muy lenta y, por lo general, se requieren al menos 45 días antes del trasplante (Papafilippaki y Nikolaidis, 2020) o más (Chatzigianni et al., 2017).

Hinojo de mar (*Crithmum maritimum*)

Se probaron dos genotipos silvestres de *Crithmum maritimum*, uno recolectado en Grecia y otro recolectado en Turquía. El genotipo griego mostró muy bajo porcentaje de germinación y las semillas germinaron solo a 15 °C (25 %, 25 días después de la siembra), mientras que a 10 °C solo el 3,3 % de las semillas germinaron a los 22 días después de la siembra. Por otro lado, el genotipo Turco mostró mejor capacidad de germinación y el 93% de las semillas germinaron a 20 °C, 13 días después de la siembra. Estos resultados indican que el genotipo y las condiciones de crecimiento de las plantas madre pueden afectar al porcentaje de germinación del hinojo marino.

Marchioni-Ortu y Bocchieri (1984), sugirieron que las condiciones óptimas para la germinación de semillas de hinojo de mar es una temperatura constante de 20 °C, mientras que Okusanya (1977) informó que alternar temperaturas de 5 y 15 °C, 5 y 25 °C, y 15 y 25°C dieron mejores resultados que las temperaturas constantes. Strumia et al. (2020) evaluaron el efecto de la concentración de agua de mar en el medio de siembra y el tiempo de almacenamiento de las semillas en la germinación de semillas de hinojo de mar. Según los autores, las semillas de *maritimum* mostraron un alto porcentaje de germinación (85 %) en agua destilada y 100 % en agua salina. Además, los mismos autores sugirieron que el porcentaje de germinación disminuyó con el tiempo después de un período de almacenamiento de 4 meses, del 85 % al 50 % (a los 12 meses después de la cosecha).

Cardo dorado común (*Scolymus hispanicus*)

Se probaron tres genotipos silvestres de *Scolymus hispanicus*, recolectados en Grecia, España y Turquía. Desafortunadamente, las semillas del genotipo español no germinaron probablemente debido a las malas condiciones de almacenamiento o a la viabilidad de las semillas. El genotipo griego presentó el mayor porcentaje de germinación a 30 °C (73,3 %, 16 días después de la siembra), mientras que el genotipo turco presentó un mayor porcentaje de germinación (87 %) a 20 °C, 10 días después de la siembra. Los resultados indican una alta variabilidad en los requerimientos de temperatura para la germinación de las semillas, dependiendo del genotipo.

Según la literatura, las condiciones de luz y temperatura pueden afectar al porcentaje de germinación de *S. hispanicus*. En particular, Casciaro y Damato (2011) evaluaron el efecto de dos condiciones de luz (oscuridad u 8 h de luz) y ocho temperaturas constantes o alternas (10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 15 °C/5 °C, 20 °C/10 °C y 25 °C/15 °C). Los autores sugirieron que aunque la temperatura no influyó en la germinación de las semillas (el porcentaje de germinación promedio fue del 28%), cuando la temperatura se mantuvo constante a 20 °C, las tasas de germinación T25, T50 y T75 fueron más cortas y los valores de germinación más altos. Además, la presencia de luz afectó positivamente al porcentaje de germinación (31% vs 24%), T50 y valor de germinación. También, Sari y Tutar (2009) evaluaron el efecto de luz-oscuridad, almacenamiento en frío y temperaturas seleccionadas en la germinación de semillas de cardo obtenidas de dos genotipos silvestres y uno comercial. Los autores mostraron que la luz y el



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

almacenamiento en frío mejoraron el porcentaje de germinación, mientras que se registraron efectos positivos a 20 °C y 25 °C, en comparación con temperaturas más bajas (15 °C) o más altas (30 °C).

PRIMING DE SEMILLAS

Los resultados de las pruebas de germinación de semillas anteriores indican que, además de la verdolaga, la cerraja y el cardo común dorado, las otras dos especies estudiadas, a saber, *Cichorium spinosum* y *C. maritimum*, mostraron un porcentaje de germinación muy bajo y tasas de germinación lentas. Por lo tanto, además de probar la germinación de semillas a diferentes temperaturas, también se probó el priming de semillas (la metodología de hidratación de la semilla previa a la siembra) de *C. maritimum*, *C. spinosum* y *S. hispanicus* para identificar compuestos que puedan aumentar el bajo porcentaje de germinación innato que es esencial para el establecimiento de cultivos comerciales.

Atia et al. (2006) sugirieron la presencia de latencia inducida por sal en semillas de *Crithmum maritimum* y probaron el priming de semillas con nitrato, tiouria, agua, NaCl y PEG (polietilenglicerol) 6000. En su estudio, los autores informaron que la germinación fue fuertemente inhibida por el aumento de la salinidad, mientras que la adición de nitrato alivió eficazmente la latencia de las semillas inducidas por la sal tanto en condiciones no salinas como salinas; y la tiouria mejoró la germinación solo a concentraciones moderadas de sal. Finalmente, PEG 6000 retrasó la germinación en agua destilada, mientras que el priming de semillas con agua y NaCl aceleró el proceso de germinación en un medio libre de sal. De manera similar, Meot-Duros et al. (2008) sugirieron que el ácido L-ascórbico (40 o 60 mM) y el etanol (96 %) mejoraron significativamente la tasa de germinación de *C. maritimum* en un 10, 30 y 30 %, respectivamente. Atia et al. (2009a) informaron que el impacto de la sal fue amplificado por la oscuridad, pero fue mitigado por el suministro de nitrato, la luz roja y su combinación, mientras que la germinación estuvo más influenciada por el tipo de luz que por el PPFD.

Además, Nimac et al. (2018) trataron semillas de *C. maritimum* con cloruro de sodio (NaCl) (50, 100 y 150 mM) o agua destilada (dH₂O) y mostraron que las semillas que se ensayaron con dH₂O y una solución de NaCl 50 mM mostraron un mejor rendimiento que las semillas no tratadas. En otro estudio, Atia et al. (2009b) evaluaron los efectos de ABA, GA₃, NO⁻³ y NH⁺⁴ en la germinación de *C. maritimum* bajo salinidad de NaCl (hasta 200 mM NaCl) y mostraron que NO⁻³ y GA₃ mitigan la reducción inducida por NaCl en la germinación de semillas, mientras que ABA inhibió la germinación en condiciones óptimas (0 mM de NaCl). Atia et al. (2010) sugirieron que la germinación de la semilla se correlacionó negativamente con el contenido de K⁺, Na⁺ y Cl⁻ de la semilla, mientras que la esponjosidad de la cubierta del fruto se asoció con la acumulación de Na⁺ y Cl⁻ y protegió a las semillas de los efectos adversos de estos iones.

Por lo tanto, en el contexto de Valuefarm probamos el priming de semillas con NaCl (0 (dH₂O), NaCl 50 y 100 mM), GA₃ (GA₃ 10, 50 y 100 μM) y ácido ascórbico (50 y 100 mg de ácido ascórbico) bajo condiciones controladas (18-23 °C, 16 h día/8 h noche), mientras que también se incluyó un tratamiento control (semillas sin tratar). El priming de semillas ya ha sido probado en semillas de cultivos convencionales, sin embargo, hasta donde sabemos, es la primera vez que esta técnica se implementa en las semillas de la mayoría de las plantas comestibles silvestres seleccionadas.

El priming de semillas de dos genotipos de *S. hispanicus* (genotipo griego y español) con 100 μM de GA₃ mejoró el porcentaje de germinación con respecto al tratamiento control (77,5 % y



60 %, respectivamente) en genotipo griego, mientras que el mismo tratamiento incrementó la tasa de germinación ya que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo a los 3 días de iniciada la germinación (77,5% y 35%, para el tratamiento GA3 y control respectivamente). Sin embargo, se registró un efecto variable según el genotipo, ya que la germinación del genotipo español se vio beneficiada con el agua destilada (55 %, a los 7 días de iniciada la germinación de las semillas), aunque el tratamiento control registró el mayor porcentaje de germinación en general (70 %).

En el caso de *C. maritimum*, el priming de semillas con 50 µM de GA3 mejoró el porcentaje de germinación con respecto al tratamiento control (30% vs 17,5%), seguido de la aplicación de 50 mM de NaCl (27,5%), aunque no se detectó ningún efecto en la tasa de germinación.

Finalmente, el porcentaje de germinación de *C. spinosum* mejoró significativamente con respecto al tratamiento control (35 %) cuando las semillas se trataron con 10 µM de GA3 (62,5 %) y 100 mg/L de ácido L-ascórbico (52,5 %). Los mayores porcentajes de germinación se registraron 6 días después del inicio de la germinación.

Aparte de la preparación de semillas, se ha sugerido la propagación in vitro de *C. maritimum* como medio para superar el bajo porcentaje de germinación y la lenta tasa de germinación (Grigoriadou y Maloupa, 2008). Se han utilizado diferentes medios de cultivo para el cultivo in vitro de otras especies de la familia Apiaceae, mientras que la producción de brotes de *C. maritimum* se indujo significativamente cuando se cultivaron explantes de puntas de brotes en medio MS. Este medio en particular parece ser el más efectivo para el cultivo in vitro de la especie ya que aumentó significativamente el número de nuevos microbrotes producidos/explante, así como la altura de los brotes (Grigoriadou y Maloupa, 2008).

PRÁCTICAS DE CULTIVO

Achicoria espinosa (*Cichorium spinosum*)

La achicoria espinosa es una halófito silvestre, que se encuentra comúnmente en las zonas costeras, que se utiliza por sus hojas tiernas comestibles. Las plantas en la naturaleza son perennes y desarrollan nuevos brotes y rosetas de hojas cada otoño. El ciclo de crecimiento se completa al final de la primavera o en el verano con la formación de la inflorescencia espinosa que tiene la forma de un pequeño arbusto espinoso.

Para el cultivo comercial, las semillas se pueden sembrar en otoño o principios de la primavera, según las condiciones climáticas y la incidencia de heladas. Las semillas se pueden sembrar directamente en el campo o en bandejas de semillas y luego trasplantarse en hileras en el campo a distancias de 30 cm dentro de la hilera y 50 cm entre hileras (aproximadamente 65000 plantas/ha). Si se aplica siembra directa, es mejor moler el fruto antes de la siembra para separar las semillas del fruto y facilitar la germinación de las semillas. El trasplante es la mejor opción ya que asegura el desarrollo uniforme de las plantas al seleccionar las plántulas mejor desarrolladas, disminuye la cantidad de semillas requeridas y minimiza los vacíos en el campo por fallas en la germinación. Se puede cultivar como planta anual o perenne.

El manejo del cultivo incluye la preparación del suelo antes de la siembra, que debe realizarse a una profundidad de 1-2 cm. El manejo de nutrientes requiere un acondicionamiento base con un fertilizante complejo (12-12-17 o 14-7-14, N-P-K). Deben evitarse altas cantidades de nitrógeno para reducir el riesgo de un mayor contenido de nitratos en el producto final. Además, la forma de nitrógeno (nitrato o nitrógeno amónico) y su correspondiente proporción pueden afectar la



composición química y el rendimiento del producto final. El cultivo orgánico también es posible debido a los bajos requerimientos de nutrientes de la especie. El riego debe realizarse con un sistema de riego por goteo de forma regular, dependiendo del periodo de crecimiento y las condiciones climáticas.

Se pueden realizar varias cosechas a lo largo del ciclo de crecimiento de la especie cortando rosetas de hojas con un cuchillo afilado en la parte superior del hipocótilo sin perturbar las yemas auxiliares en el ápice del meristema. Las cosechas sucesivas se continúan a partir de los 3-4 meses después de la siembra y hasta que las plantas entran en la etapa reproductiva y se desarrolla la inflorescencia en el centro de la roseta. Después de ese punto, las hojas no son comestibles porque se marchitan y se vuelven menos tiernas.

Aparte del cultivo en suelo, también se han sugerido sistemas de cultivo hidropónico con mayores rendimientos debido a las condiciones de crecimiento óptimas que dan como resultado un crecimiento más rápido y más cosechas a lo largo del ciclo de crecimiento. El cultivo en macetas o en suelo de invernadero también es una opción para la producción fuera de temporada que puede mejorar la disponibilidad del producto durante todo el año y cubrir las crecientes necesidades del mercado de productos alimenticios saludables y funcionales.

El rendimiento de hojas comestibles frescas puede llegar a 20 toneladas/ha o más, según las condiciones climáticas y el número de cosechas. En cultivo en maceta, el rendimiento puede llegar a 60 ton/ha cuando se aplican 3 cosechas.

Verdolaga (*Portulaca olearacea*)

La verdolaga es una hierba anual de crecimiento postrado, que se puede encontrar como maleza en cultivos comerciales en todo el mundo. Se usa comúnmente por sus tallos y hojas carnosas comestibles, que se consideran la fuente vegetal más rica en ácidos grasos omega-3 (ácido α -linolénico). Tiene un ciclo de crecimiento corto que se completa en verano o principios de otoño, dependiendo del clima. En algunas áreas se cultiva como un cultivo menor o huérfano y se distribuye en los mercados locales, sin embargo, su cultivo comercial no está muy extendido hasta el momento, ya que se trata principalmente como una maleza problemática. El cultivo comercial es fundamental para cubrir las necesidades de comercialización, al tiempo que garantiza la inocuidad del producto final, ya que las plantas silvestres suelen recolectarse en campos comerciales donde pueden existir residuos de plaguicidas.

La propagación se realiza por semillas, aunque también se puede aplicar el cultivo de tejidos y la propagación por esquejes. Teniendo en cuenta el ciclo corto de la especie, se puede cultivar bien dos veces dentro del mismo período de crecimiento cuando el clima es templado (sin heladas tardías en primavera y heladas tempranas en otoño), comenzando con una siembra temprana en primavera y realizando una segunda siembra en pleno verano; o tener 1-2 cosechas sucesivas cortando los tallos comercializables y permitiendo que el resto de la planta vuelva a crecer. Para ello, se dispone de cultivares comerciales con plantas de porte erecto que facilitan cosechas sucesivas o incluso la mecanización de la cosecha.

El manejo del cultivo incluye la preparación del suelo previa a la siembra la cual debe hacerse a una profundidad de 0,5-1 cm en hileras equidistantes a 30 cm. Por lo tanto, el suelo se debe arar con vertedera a una profundidad de 20-25 cm seguido de dos gradas rotativas. El riego con un sistema de riego por aspersión es esencial después de la siembra para mantener la superficie del suelo húmeda y permitir la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas (5 a 7 días después de la siembra). Sin embargo, después de la emergencia de las plántulas, el riego debe realizarse con un sistema de riego por goteo de forma regular, ya que la especie es



susceptible a la roya blanca y la humedad del follaje podría aumentar la incidencia de la enfermedad.

La planta no tiene altos requerimientos de nutrientes. El abono base debe incluir la aplicación de estiércol (hasta 2-3 t/ha) y nitrógeno en forma de urea (40 kg/ha) o un fertilizante completo (10-10-10 N-P-K) a razón de 100 kg/ha. De lo contrario, se puede aplicar fertirrigación a intervalos regulares con una solución nutritiva que contenga N-P-K en una proporción de 3:1:1 y hasta 6:1:1.

La cosecha se realiza cortando los tallos justo por encima de la superficie del suelo con un cuchillo afilado antes de la iniciación de la floración (30-45 días después de la siembra, según las condiciones y el genotipo) o en la etapa de 14-16 hojas verdaderas. Se pueden aplicar múltiples cosechas.

El cultivo hidropónico también se puede aplicar permitiendo mayores rendimientos, mejor disponibilidad del producto durante todo el año y productos más limpios y listos para el mercado, especialmente cuando se cultivan genotipos postrados.

El rendimiento de biomasa fresca oscila entre 15 y 30 t/ha, aunque también se han obtenido rendimientos máximos de 50 t/ha.

Hinojo de mar (*Crithmum maritimum*)

El hinojo marino es otra planta halófila perenne de la cuenca mediterránea que se utiliza comúnmente por sus tiernas hojas comestibles o por los aceites esenciales de sus semillas y partes aéreas de las plantas. Las semillas molidas también se pueden usar como sustituto de la sal.

La propagación se lleva a cabo con semillas; sin embargo, además de la propagación sexual con semillas, también se sugiere la propagación in vitro con esquejes que permiten la producción de un alto número de plántulas con un desarrollo uniforme y características idénticas a la planta madre. En el caso de la siembra, las bajas tasas de germinación y el lento crecimiento de las plántulas requieren la siembra de semillas en bandejas de semillas y el trasplante de plántulas en el campo. Las plantas desarrollan nuevos brotes a principios de primavera y tan pronto como aumentan las temperaturas, mientras que el ciclo de crecimiento finaliza en otoño con la maduración de los frutos y el marchitamiento de las plantas. La siembra debe realizarse a principios de la primavera, a menos que las semillas se siembren en bandejas de semillas en viveros con calefacción para la producción de plántulas. La siembra debe comenzar 2-3 meses antes debido a las bajas tasas de crecimiento. La planta se cultiva como una especie perenne.

El manejo del cultivo incluye la preparación del suelo antes de la siembra o el trasplante de plántulas. El riego debe realizarse con un sistema de riego por goteo de forma regular; sin embargo, los requerimientos de agua se consideran muy bajos, aunque la disponibilidad de agua aumenta el rendimiento de biomasa fresca. Para el manejo de nutrientes se puede aplicar un fertilizante complejo (11-15-15, N-P-K) a 500 kg/ha o fertilizantes líquidos (25 kg de N/ha).

Las plantas se disponen en hileras con una distancia de 30 cm dentro de la hilera y 60-80 cm entre hileras, lo que permite el crecimiento sin obstáculos de las plantas (densidad de plantación de 41000-55000 plantas/ha). Además del cultivo en suelo, las plantas se pueden cultivar en macetas en ambientes controlados en varios sustratos de crecimiento (por ejemplo, turba, perlita, vermiculita, etc.) o en sistemas hidropónicos donde la densidad de plantas puede aumentar hasta 230 plantas/m².



Las plantas destinadas a la producción de hojas frescas se cosechan antes de la fase de reproducción, mientras que para otros fines, como las plantas de producción esenciales, se deben cosechar cuando las semillas están maduras. Se pueden realizar múltiples cosechas de hojas durante todo el período de crecimiento.

El rendimiento de la biomasa fresca total cosechada para el cultivo en suelo oscila entre 10-13 t/ha (para una sola cosecha), mientras que para el cultivo en maceta bajo condiciones de invernadero y múltiples cosechas, el rendimiento en fresco puede alcanzar las 55 t/ha, dependiendo del régimen de fertilización.

Cerraja (*Sonchus oleraceus*)

La cerraja es una mala hierba muy extendida que se puede utilizar por sus hojas, semillas y flores comestibles. La propagación se realiza con semillas que se siembran a una profundidad de 0,5-1 cm, mientras que la siembra se realiza a principios de primavera o de otoño. La densidad de plantas debe ser de alrededor de 100000-110000 plantas/ha (distancias entre plantas de 30 cm x 30 cm). El cultivo comercial es fundamental para cubrir las necesidades de comercialización, al tiempo que garantiza la inocuidad del producto final, ya que las plantas silvestres suelen recolectarse en campos comerciales donde pueden existir residuos de plaguicidas. Se puede cultivar durante todo el año debido a la amplia gama de temperaturas en las que las semillas pueden germinar, mientras que la humedad del suelo también es un factor importante para la germinación de las semillas. También se sugiere el cultivo hidropónico para obtener mayores rendimientos y una mejor disponibilidad de hojas frescas durante todo el proyecto.

Hasta el momento no existen pautas específicas para el cultivo de la especie. Los resultados de Valuefarm mostraron que la aplicación de fertilizantes con una solución nutritiva que contenía nutrientes en una proporción de 3:1:1 o 6:1:1 de N-P-K fue beneficiosa para el rendimiento de biomasa fresca. También se sugiere un acondicionamiento base con 60 kg/ha de N y 30 kg/h de P₂O₅. Se sugiere el riego por goteo para cubrir los requerimientos hídricos de la especie, aunque también es aplicable el cultivo en secano con una selección adecuada del momento de la siembra.

La cosecha debe realizarse antes de la formación de la inflorescencia cortando la roseta de hojas con un cuchillo afilado.

El rendimiento total de biomasa fresca puede ser superior a 13-15 t/ha, dependiendo de la temporada de crecimiento y el régimen de fertilización.

Cardo dorado común (*Scolymus hispanicus*)

El cardo dorado común es una hierba perenne espinosa con una amplia distribución en la cuenca mediterránea, que se puede encontrar en campos agrícolas sin cultivar, áreas de malezas, bordes de caminos, etc.

La propagación se lleva a cabo con semillas que se pueden sembrar directamente en el campo o con trasplante de plántulas. Sin embargo, cuando las plantas se cultivan para la producción de hojas y raíces, se debe evitar el trasplante ya que da como resultado raíces deformadas. La siembra debe realizarse a principios de primavera o de otoño, según las condiciones climáticas. Las plantas se pueden cultivar como anuales o perennes. La densidad de plantas debe ser de alrededor de 65000 plantas/ha (distancias entre plantas de 30 cm x 50 cm) en condiciones de campo o 40000 plantas/ha para cultivo hidropónico.



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

El manejo del cultivo incluye la fertilización con un fertilizante complejo (20-20-20, N-P-K) o la fertirrigación con una solución nutritiva que contiene nutrientes en cantidades de 300 mg/L (N-P-K). Se sugiere el riego por goteo o aspersión para cubrir los requerimientos hídricos de la especie, aunque también es aplicable el cultivo de secano con una selección adecuada del momento de la siembra. Además del cultivo en campo abierto, también se sugieren sistemas hidropónicos utilizando varios sustratos como perlita o fibra de coco.

La cosecha se realiza antes de la formación de la inflorescencia, mientras que se realiza un solo corte en cada período de crecimiento (en plantas perennes). Aparte de las hojas, las raíces también son comestibles y se pueden cosechar al final del período de crecimiento aumentando el valor agregado del cultivo con un cultivo de doble propósito (hojas y raíces).

Se puede lograr un rendimiento total de biomasa aérea fresca de 6-7,5 t/ha en cultivo en maceta, dependiendo del período de crecimiento y el régimen de fertilización, mientras que el rendimiento de biomasa de raíces oscila entre 4,7 y 6,5 t/ha. De manera similar, también se logran altos rendimientos de biomasa (6-7,8 t/ha y 8,9-14,5 t/ha, para hojas y raíces, respectivamente) en condiciones de campo, dependiendo del programa de riego.

References

Abiven, S., Menasseri, S. and Chenu, C. (2009). The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability - A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.09.015>

Ali, H. H. et al. (2020) Emergence and germination response of *Sonchus oleraceus* and *Rapistrum rugosum* to different temperatures and moisture stress regimes. *Plant Species Biology*, 35(1), pp. 16-23. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12254>

Atia et al. (2011) Environmental eco-physiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(16), pp. 3564-3571.

Atia et al. (2009a) Interactive effects of salinity, nitrate, light, and seed weight on the germination of the halophyte *Crithmum maritimum*. *Acta Biologica Hungarica*, 60(4), pp. 433-439. <https://doi.org/10.1556/ABiol.60.2009.4.9>

Atia et al. (2009b) ABA, GA₃, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. *Comptes Rendus – Biologies*, 332(8), pp. 704-710. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.03.009>

Atia et al. (2010) Relationship Between Ion Content in Seed and Spongy Coat of the Medicinal Halophyte *Crithmum maritimum* L. and Germination Capacity. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(2), pp. 72-74. <https://doi.org/10.15835/nsb.2.2.4608>

Bais, H. et al. (2001) *Cichorium intybus* L - Cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(5), pp. 467-484. <https://doi.org/10.1002/jsfa.817>

Baskin, J.M. and Baskin, C.C. (1987). Role of temperature in regulating the timing of germination in *Portulaca oleracea*. *Canadian Journal of Botany*, 66 (3), pp. 563–567. Available at: www.nrcresearchpress.com



VALorización de cultivos Mediterráneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Benvenuti, S., Macchia, M. and Miele, S. (2001) Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science*, 49(4), pp. 528–535. Available at: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0528:qaeos\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0528:qaeos]2.0.co;2)

Casciaro, L. and Damato, G. (2007) Seed germination of *Scolymus maculatus* L. at different temperatures and under different light conditions. *Acta Horticulturae*, 730, pp. 323-329. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.730.42>

Clark, M.S. et al. (1998) Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal*, 90(5), pp. 662–671. Available at: <https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000050016x>

Chatziagianni, M. et al. (2017) Impact of nitrogen source and supply level on growth, yield and nutritional value of two contrasting ecotypes of *Cichorium spinosum* L. grown hydroponically. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), pp. 1615-1624. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8636>

Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. (2009) Seed germination ecology of *Portulaca oleracea* L.: An important weed of rice and upland crops. *Annals of Applied Biology*, 155(1), pp. 61–69. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00320.x>.

Chauhan, B.S. et al. (2006) Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. *Weed Science*, 54(5), pp. 854-860. <https://doi.org/10.1614/WS-06-047R.1>

Cutney, D. and Elmore, C. (1999) Common purslane. pest notes. Available at: www.ipm.ucdavis.edu

El-Sherbeny et al. (2015) Response of *Portulaca oleracea* L. plants to various fertilizers ratios on growth, yield and chemical composition under Egyptian conditions. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(12), pp. 2297-2307. Available at: <http://www.wjpsonline.org/>

Ezekwe, M.O., Omara-Alwala, T.R. and Membrahtu, T. (1999) Nutritive characterization of purslane accessions as influenced by planting date. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54(3), pp. 183-191. <https://doi.org/10.1023/a:1008101620382>

Feng, L. et al. (2015) The hotter the weather, the greater the infestation of *Portulaca oleracea*: Opportunistic life-history traits in a serious weed. *Weed Research*, 55(4), pp. 396–405. Available at: <https://doi.org/10.1111/wre.12151>.

Fontana, E. et al. (2006) Nitrogen concentration and nitrate/ammonium ratio affect yield and change the oxalic acid concentration and fatty acid profile of purslane (*Portulaca oleracea* L.) grown in a soilless culture system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14), pp. 2417–2424. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2633>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022) *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021 – Systems at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at: <https://doi.org/10.4060/cb9910en>

Franco, J.A. et al. (2011) Effects of salinity on the germination, growth, and nitrate contents of purslane (*Portulaca oleracea* L.) cultivated under different climatic conditions. *Journal of*



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Horticultural Science and Biotechnology, 86(1), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512716>

Gomiero, T., Pimentel, D. and Paoletti, M.G. (2011) Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. Organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, pp. 95–124. Available at: <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>.

Goss, M.J., Tubeileh, A. and Goorahoo, D. (2013) A Review of the Use of Organic Amendments and the Risk to Human Health, in *Advances in Agronomy*. Academic Press Inc., pp. 275–379. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407686-0.00005-1>

Grigoriadou, K. and Maloupa, E. (2008) Micropropagation and salt tolerance of in vitro grown *Crithmum maritimum* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 94(2), pp. 209–217. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9406-9>

Holm, L.G.; P.D.L.; P.J.V.; H.J.P. et al. (1977) *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. University Press of Hawaii, Honolulu.

Hutchinson I, Colosi J, Lewin R A, 1984. The biology of Canadian weeds. 63. *Sonchus asper* (L.) Hill and *S. oleraceus* L. *Canadian Journal of Plant Science*. 64 (3), pp. 731-744.

Jallali, I., Megdiche, W., M'Hamdi, B., Oueslati, S., Smaoui, A., Abdely, C., & Ksouri, R. (2012). Changes in phenolic composition and antioxidant activities of the edible halophyte *Crithmum maritimum* L. with physiological stage and extraction method. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-0943-9>

Jin, R. et al. (2015) Physiological changes of purslane (*Portulaca oleracea* L.) after progressive drought stress and rehydration. *Scientia Horticulturae*, 194, pp. 215–221. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.023>

Jin, R. et al. (2016) Physiological and metabolic changes of purslane (*Portulaca oleracea* L.) in response to drought, heat, and combined stresses. *Frontiers in Plant Science*, 6(1123). Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01123>

Kaymak, H.C. (2013) Effect of nitrogen forms on growth, yield and nitrate accumulation of cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(3), pp. 444-449.

Łuczaj, Ł. et al. (2012) Wild food plant use in 21st century Europe: The disappearance of old traditions and the search for new cuisines involving wild edibles. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. Polish Botanical Society, pp. 359–370. Available at: <https://doi.org/10.5586/asbp.2012.031>

Manalil, S. et al. (2018) Germination ecology of *Sonchus oleraceus* L. in the northern region of Australia. *Crop and Pasture Science*, 69, pp. 926-932. <https://doi.org/10.1071/CP18059>

Marchioni-Ortu, A., Bocchieri, E. (1984) A study of the germination responses of a Sardinian population of sea fennel (*Crithmum maritimum*). *Canadian Journal of Botany*, 62(9), pp. 1832-1835. <https://doi.org/10.1139/b84-248>

Masin, R. et al. (2017) Can alternating temperatures be used to estimate base temperature for seed germination? *Weed Research*, 57(6), pp. 390-398. <https://doi.org/10.1111/wre.12270>



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Meot-Duros, L. and Magné, C. (2008) Effect of salinity and chemical factors on seed germination in the halophyte *Crithmum maritimum* L. *Plant and Soil*, 313(1-2), pp. 83-87. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9681-6>

Miyaniishi, K. and Cavers, P.B. (1980) The biology of Canadian weeds. 40. *Portulaca oleracea* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, pp. 953–963.

Montoya-García, C.O. et al. (2017) Purslane (*Portulaca oleracea* L.) response to NPK fertilization. *Fitotecnia Mexicana*, 40, pp. 325–332. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/320134188>

Montoya-García, C.O. et al. (2018) Change in the contents of fatty acids and antioxidant capacity of purslane in relation to fertilization. *Scientia Horticulturae*, 234, pp. 152–159. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.043>

Mortley, D.G. et al. (2012) Influence of Harvest Intervals on Growth Responses and Fatty Acid Content of Purslane (*Portulaca oleracea*). *Hortscience*, 47(3), pp. 437–439. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.3.437>

Nimac, et al. (2018) Effects of salinity and seed priming on germination of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(2), pp. 181-185.

Okusanya, O. T. (1977) The effect of Sea Water and Temperature on the Germination Behaviour of *Crithmum maritimum*. *Physiologia Plantarum*, 41(4), pp. 265-297. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1977.tb04881.x>

Olivier, M. Et al. (2020) Trait differentiation between native and introduced populations of the invasive plant *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae). *Neobiota*, 55(1), pp. 85-115. <https://doi.org/10.3897/neobiota.55.49158>

Papafilippaki, A. and Nikolaidis, N. (2020) Comparative study of wild and cultivated populations of *Cichorium spinosum*: The influence of soil and organic matter addition. *Scientia Horticulturae*, 261, 108942. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108942>

Pereira, C. G. et al. (2017). Searching for new sources of innovative products for the food industry within halophyte aromatic plants: In vitro antioxidant activity and phenolic and mineral contents of infusions and decoctions of *Crithmum maritimum* L. *Food and Chemical Toxicology*, 107, pp. 581-589. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.04.018>

Petropoulos, S. et al. (2015) Chemical Composition and Yield of Six Genotypes of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.): An Alternative Source of Omega-3 Fatty Acids. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(4), pp. 420–426. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0511-8>

Petropoulos, S.A. et al. (2019) Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part. *Antioxidants*, 8(293), pp. 1-15. Available at: <https://doi.org/10.3390/antiox8080293>

Petropoulos, S. A. et al. (2022). Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. *Trends in Food Science and Technology*, 74, pp. 69-84. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.006>



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Raleigh, C. and Urdal, H. (2007) Climate change, environmental degradation and armed conflict. *Political Geography*, 26(6), pp. 674–694. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.06.005>

Ren, S. et al. (2011) Drought tolerance and AFLP-based genetic diversity in purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Biotech Research*, 3, pp. 51-61.

Renna, M., and Gonnella, M. (2012). The use of the sea fennel as a new spice-colorant in culinary preparations. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(2), pp. 111–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.06.00>

Renna, M. et. Al. (2017). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.): from underutilized crop to new dried product for food use. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(1), pp. 205–216. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0472-2>

Saffaryazdi, A. et al. (2020) Variation in phenolic compounds, α -linolenic acid and linoleic acid contents and antioxidant activity of purslane (*Portulaca oleracea* L.) during phenological growth stages. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(7), pp. 1519–1529. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12298-020-00836-9>

Sari, A.O. and Tutar, M. (2009) Effects of light, cold storage, and temperature on seed germination of golden thistle (*Scolymus hispanicus* L.). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 15(4), pp. 318-325. <https://doi.org/10.1080/10496470903507858>

Savinab, R. and Nicolas, M.E. (1996) Effects of Short Periods of Drought and High Temperature on Grain Growth and Starch Accumulation of Two Malting Barley Cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23(2), pp. 201-210. Available at: <https://doi.org/10.1071/PP9960201>

Simopoulos, A.P. et al. (1995) Plants in Human Nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 77, pp. 47-74.

Singh K.P. (1973) Effect of temperature and light on seedgermination of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L. *New Phytologist*, 72 (2), pp. 289–295. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1973.tb02035.x>

Siracusa, L. Et. Al. (2011). Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Aqueous Infusions from *Capparis spinosa* L. and *Crithmum maritimum* L. Before and After Submission to a two - step In Vitro Digestion Model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(23), pp. 12453-12459. <https://doi.org/10.1021/jf203096q>

Sturmia et al. (2020) Seed germination and seedling roots traits of four species living on Mediterranean coastal cliffs. *Plant Biosystems*, 154(6), pp. 990-999. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1837284>

Szalai, G. et al. (2010) Effect of nitrogen source in the fertilizing solution on nutritional quality of three members of the *Portulaca oleracea* aggregate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(12), pp. 2039–2045. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4049>

Uddin, M.K. et al. (2012) Evaluation of antioxidant properties and mineral composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.) at different growth stages. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(8), pp. 10257–10267. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms130810257>



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Vahabinia, F. Et al. (2019) Environmental factors' effect on seed germination and seedling growth of chicory (*Cichorium intybus* L.) as an important medicinal plant. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(2), pp. 1-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-019-2820-2>

Walters, E.T. et al. (1980) *Plant Productivity and Environment*, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* Wiley. Available at: www.sciencemag.org.

Werth, J. et al. (2017) Emergence of four weed species in response to rainfall and temperature. *Weed Biology and Management*, 17(1), pp. 29-35. <https://doi.org/10.1111/wbm.12113>

Widderick, M. J. et. al (2010) Germination, emergence, and persistence of *Sonchus oleraceus*, a major crop weed in subtropical Australia. *Weed Biology and Management*, 10, 102–112. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2010.00370.x>

Yazici, I. et al. (2007) Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 61(1), pp. 49–57. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.02.010>.



VALorización de cultivos Mediterraneos a pequeña escala mediante el cultivo de especies silvestres sin explotar

Descargo de responsabilidad: La información presentada aquí se ha investigado a fondo y se cree que es precisa y correcta. Sin embargo, los autores no pueden ser considerados legalmente responsables por cualquier error. No se ofrecen garantías, expresas o implícitas, con respecto a la información proporcionada. Los autores no serán responsables de ningún daño directo, indirecto, especial, incidental o consecuente que surja del uso o la imposibilidad de usar el contenido de esta publicación.

Copyright©: Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material presentado aquí con fines de investigación, educativos u otros fines no comerciales sin ningún permiso previo por escrito de los titulares de los derechos de autor, siempre que se reconozca plenamente la fuente. Se prohíbe la reproducción de material para la venta u otros fines comerciales. Todas las fotos se obtienen del registro personal del Dr. Spyridon Petropoulos y los miembros del equipo de investigación de la Universidad de Tesalia.