

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO

**Grado en Ingeniería Agroalimentaria y de Sistemas Biológicos,
especialidad en Hortofruticultura y Jardinería**

**La tasa de fertilización N-P-K afecta al
crecimiento, clorofila foliar y contenido de
nutrientes de *Astragalus nitidiflorus* cultivado en
sustrato**

Alumna:

Cristina Marín Martín

Dirigido por:

Sebastián del Pilar Bañón Arias

Juan José Martínez Sánchez

Cartagena, 23 de marzo de 2017

RESUMEN

Astragalus nitidiflorus (Garbancillo de Tallante) es una leguminosa herbácea, endémica de Cartagena (sureste de la península ibérica), que actualmente se encuentra catalogada en peligro de extinción. Una de las actividades prioritarias para evitar su pérdida es la reintroducción de ejemplares en su hábitat natural, para lo que es necesario producir planta de calidad en vivero.

Como la mayoría de las leguminosas, esta especie realiza la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, pero la dificultad de aislar sus rizobios hace necesario la adición de tierra del hábitat al sustrato cuando se cultiva en maceta. Una opción para corregir la falta de fijación del nitrógeno ambiental en plantas no inoculadas es la fertilización.

En este trabajo se estudiará el efecto de distintos niveles de fertilizantes N-P-K (1-1-8 [sin fertilización], 69-29-35, 105-35-75, 144-43-131, 180-48-168, 214-54-205, y 245-58-235, ppm) sobre el crecimiento, el contenido de clorofila foliar y la acumulación de iones minerales en las hojas de *A. nitidiflorus* cultivado en maceta con sustrato comercial.

ABSTRACT

Astragalus nitidiflorus (Garbancillo de Tallante) is a leguminous herbaceous, endemic from Cartagena (southeast of Iberian Peninsula), that at the moment is endangered. One of the priority activities to avoid its lost is the reintroduction of specimens in its natural habitat, so it is necessary to produce quality plant in nursery.

As most of legumes, this species makes the symbiotic fixation of atmospheric nitrogen, but the difficulty of isolating its rhizobia makes it necessary to add soil from the habitat to the substrate when it is grown in a pot. An option to correct the lack of fixation of the environmental nitrogen in uninoculated plants is fertilization.

In this essay the effect of different levels of fertilizers N-P-K will be studied (1-1-8 [without fertilization], 69-29-35, 105-35-75, 144-43-131, 180-48-168, 214-54-205, and 245-58-235, ppm) on the growth, leaf chlorophyll content and mineral ions accumulation in the leaves of *A. nitidiflorus* cultivated in pot with commercial substrate.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. TAXONOMÍA	6
1.2. HÁBITAT	7
1.3. CICLO DE VIDA	7
1.4. IDENTIFICACIÓN	8
1.5. NODULACIÓN	8
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS	10
3.1. MATERIAL VEGETAL	10
3.2. CONDICIONES DE CULTIVO	10
3.3. TRATAMIENTOS	12
3.4. CONSUMO DE AGUA Y DRENAJE	14
3.5. PARÁMETROS MEDIDOS	17
3.6. DETERMINACIÓN DE IONES MINERALES EN LAS HOJAS	19
3.7. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
4. RESULTADOS	22
4.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO	22
4.2. SPAD FOLIAR	25
4.3. CONTENIDOS NUTRITIVOS FOLIARES DE REFERENCIA	26
4.4. CONCENTRACIÓN FOLIAR DE IONES MINERALES	27
5. DISCUSIÓN	29
6. CONCLUSIONES	35
7. BIBLIOGRAFÍA	36
8. ANEXOS	40
8.1. TOMA DE DATOS EVOLUTIVOS	40
8.2. TOMA DE DATOS FINALES	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 <i>Astragalus nitidiflorus</i> . www.lifegarbancillo.es	8
Ilustración 2 Plántulas de <i>Astragalus nitidiflorus</i> en bandejas de alveolo forestal.	10
Ilustración 3 Macetas de PVC con forma de tronco de pirámide invertida.....	11
Ilustración 4 Invernadero donde se llevó a cabo el experimento.	11
Ilustración 5 Disposición de los tanques en el interior del invernadero.....	15
Ilustración 6 Orientación de macetas y colocación del riego en las caras norte y sur de ésta.	15
Ilustración 7 Verificación del agua de riego con botellas.	16
Ilustración 8 Recuento de frutos en <i>Astragalus nitidiflorus</i>	17
Ilustración 9 Hojas desprovistas de folíolos en los que se medirá su clorofila SPAD... 18	
Ilustración 10 Determinación del % de raíces mediante Asses 2.0.	18
Ilustración 11 Nódulos en las raíces de <i>Astragalus nitidiflorus</i>	19
Ilustración 12 Disposición material vegetal en el invernadero.....	20
Ilustración 13 Disposición de tratamientos en fila.	21
Ilustración 14 Comparación del área foliar entre el tratamiento S1 y S6.....	24
Ilustración 15 Amarilleamiento en hojas viejas.	30
Ilustración 16 Hojas cloróticas en la base de los tallos.	31
Ilustración 17 Deficiencia de hierro en <i>A. nitidiflorus</i>	33
Ilustración 18 Toxicidad por Mn en <i>A. nitidiflorus</i>	34

1. INTRODUCCIÓN

Astragalus nitidiflorus es un endemismo local de la provincia de Murcia (sureste de España) (Martínez-Sánchez *et al.*, 2011) y fue descrito en el año 1910 por Carlos Pau a partir del material herborizado por Francisco de Paula Jiménez Munuera, pero durante la segunda mitad del siglo pasado no se tuvieron noticias de la planta, y en la revisión del género *Astragalus* llevada a cabo en el año 1999 por Dieter Podlech para Flora Ibérica sólo pudo tener acceso al material tipo. Pasó de ser una planta dada por extinta en la edición del Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España del año 2003, a ser calificada “En Peligro Crítico” en la edición del año 2004 de la obra anterior, una vez redescubierta la planta por Sergio Martínez Mendoza en la zona de Tallante, en las cercanías de Cartagena. Desde el año 2005 figura en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas en la categoría de “En Peligro de Extinción” (Martínez-Sánchez y Vicente, 2016), de acuerdo con los criterios de la IUCN¹ (2001), lo que ha llevado a su protección legal en el estado español (BOE², 2005).

1.1. TAXONOMÍA

Astragalus nitidiflorus se incluye en la familia *Fabaceae* (= *Leguminosae* = *Papilionaceae*), quedando encuadrado en el siguiente esquema taxonómico (Carrión y Robles, 2016):

Tabla 1 Taxonomía de *Astragalus nitidiflorus*.

Reino	<i>Plantae</i>	Subfamilia	<i>Faboideae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>	Tribu	<i>Astragaleae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>	Subtribu	<i>Astragalinae</i>
Orden	<i>Fabales</i>	Género	<i>Astragalus</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>		

El género *Astragalus* está representado por 3000 taxones en el mundo y se distribuye por las regiones semiáridas. En la península ibérica hay 41 especies descritas de *Astragalus*, y entre ellas está *A. nitidiflorus* (Carrión y Robles, 2016).

¹ Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza.

² Boletín oficial del estado.

1.2. HÁBITAT

Las poblaciones conocidas de *Astragalus nitidiflorus* habitan sobre sustratos de origen volcánico de naturaleza basáltica, en pastizales termófilos y herbazales, relativamente nitrificados y con cierto grado de perturbación antrópica: bordes de cultivos y terrenos de labor abandonados, pero sometidos a otras alteraciones como el pastoreo. Por el contrario, la especie no es capaz de colonizar tierras de cultivo que son aradas frecuentemente ni áreas que han desarrollado una vegetación sucesional más compleja, como aquellas con mayor presencia de caméfitos y nanofanerófitos (Robles y Aznar, 2012).

Los suelos donde se ubican son muy heterogéneos, se pueden clasificar de phaeozems a regosoles pasando por xerosoles o leptosoles, e incluso antrosoles. Se trata de suelos básicos, con valores de pH en torno a 8, libres de sales, con escaso contenido en carbonatos y con textura franco-arenosa. En general, presentan un alto contenido en materia orgánica y una relación carbono-nitrógeno indicativa de procesos de humificación (Martínez-Sánchez *et al.*, 2007).

1.3. CICLO DE VIDA

Astragalus nitidiflorus es una especie herbácea, perenne, que no suele vivir más de cuatro años. Puesto que las temperaturas invernales en su área de distribución son muy suaves, la única época desfavorable para las plantas es el verano, cuya extrema sequía provoca la muerte de la mayor parte de las hojas y tallos, que únicamente conservan algunas yemas vivas a ras de suelo, comportándose por tanto como plantas hemicriptófitas.

La germinación de las semillas se produce con las lluvias de otoño e invierno, desarrollándose las plántulas si las lluvias han sido propicias hasta la época estival, cuando por falta de humedad pierden las hojas y quedan en reposo las yemas de la base de los tallos. Durante este primer ciclo de desarrollo las plántulas concentran sus reservas para poder sobrevivir a su primer verano y no florecen. No obstante, cuando se cultivan en vivero, es posible obtener floración en ejemplares con menos de un año de vida, hecho que no se ha observado nunca en plantas silvestres. Siguiendo con el ciclo de vida, aquellas plántulas que sobreviven a su primer verano brotan tras las lluvias de otoño y comienzan un segundo periodo de crecimiento que las llevará a su primera floración cuando llegue la primavera.

En esta primera floración las plantas suelen producir escasas inflorescencias (cuatro o cinco), aunque si el vigor de las plantas es elevado pueden desarrollar varias decenas. Tras pasar el segundo periodo de reposo estival comienza su tercer periodo de crecimiento en el que de nuevo florecerán y fructificarán (normalmente de forma más abundante que en su primera floración) y aquellas que sean capaces de sobrevivir tendrán un cuarto periodo de crecimiento, que con mucha probabilidad será el último. No obstante, es preciso mencionar que algunas plantas han conseguido vivir cinco años (Martínez-Sánchez *et al.*, 2016).

1.4.IDENTIFICACIÓN

Tallos de hasta 80 cm, procumbentes o ascendentes, con denso indumento blanquecino. Hojas de hasta 14 cm, imparipinnadas, con 10-12 pares de folíolos elípticos o ligeramente truncados en el ápice, de hasta 20x9 mm, vilosos; estípulas 11-25 mm, soldadas a la base del pecíolo, verdes. Racimo denso con 20-25 flores, pedúnculos de hasta 6,5 cm. Cáliz 11-12 mm, ligeramente peloso, dientes 4,5-6 mm. Colora de hasta 2,1 cm; estandarte amarillo pálido, quilla y alas amarillo-verdosas, mucho más cortas que el estandarte. Fruto de hasta 18x17 mm, navicular, subsentado, curvo, aquillado (Galicia y Sánchez, 2003).



Ilustración 1 *Astragalus nitidiflorus*. www.lifegarbancillo.es

1.5.NODULACIÓN

Una característica de las leguminosas es su capacidad para utilizar el N atmosférico a través de la relación simbiótica que se establece entre la planta y las bacterias fijadoras de N (rizobios). Estas bacterias inducen en las raíces de las leguminosas la formación de estructuras especializadas, los nódulos, dentro de los cuales el N gaseoso se transforma en compuestos nitrogenados fácilmente asimilables por las plantas (Castroviejo *et al.*, 1986). La capacidad fijadora del N ambiental de las leguminosas, junto al incremento del precio de los fertilizantes nitrogenados y la contaminación por nitratos producida por los lixiviados, está haciendo que se reconsidere su uso agrícola y ecológico.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En cualquier especie en extinción, como *A. nitidiflorus*, la optimización de técnicas de cultivo y de propagación resulta vital para hacer posible su reintroducción en su hábitat. Experimentos previos evidenciaron la incapacidad de *A. nitidiflorus* para crecer adecuadamente bajo diversos sustratos comerciales cuando se cultivó en maceta (Vicente *et al.*, 2016). Sin embargo, la adición de tierra del hábitat al sustrato (1:6, respectivamente) indujo la formación de nódulos en las raíces y un óptimo crecimiento. Al mismo tiempo, la comparación del crecimiento de *A. nitidiflorus* bajo tierra del hábitat esterilizada o sin esterilizar demostró que el efecto promotor del crecimiento provenía de microorganismos del suelo y no de los nutrientes del suelo (Vicente *et al.*, 2016). Estos autores concluyeron que la producción en vivero de esta especie es factible siempre que seamos capaces de producir plantas noduladas con las bacterias presentes en el suelo de su hábitat natural. Sin embargo, se desconoce la capacidad de los programas de fertilización para producir plantas bien desarrolladas de *A. nitidiflorus* cuando cultivamos en sustratos no inoculados con la bacteria.

Todas las plantas requieren nutrientes para optimizar su crecimiento, y dentro del ámbito de la fertilización, la fijación simbiótica de N es esencial en el desarrollo de la agricultura sostenible. Sin embargo, se ha sugerido que la disponibilidad de niveles elevados de N del suelo reduce la nodulación (Streeter, 1988) y la actividad de la fijación de N atmosférico (Salvagiotti *et al.*, 2008; Enríquez Hidalgo *et al.*, 2015). Así, Flynn y Idowu (2015) comprobaron que leguminosas buenas fijadoras de N (cacahuets, soja, habas, etc.) no respondieron bien a la aplicación de fertilizantes nitrogenados siempre que tuvieran capacidad para fijar N. Por el contrario, menos conocido es el efecto de la aplicación de fertilizantes como herramienta para corregir la nutrición de leguminosas sin capacidad de fijación del N ambiental porque no han desarrollado rizobios. En nuestro caso, aunque se ha aislado el rizobio de *A. nitidiflorus* y se ha identificado como *Mesorhizobium* sp. (datos no publicados), actualmente no hay descrito un protocolo que permita la inoculación de semillas o plántulas en vivero, tal y como ocurre en otras leguminosas amenazadas (Navarro *et al.*, 2014). Por tanto, actualmente la única forma de inocular las plantas en vivero es mediante la adición de tierra de su hábitat natural al medio de cultivo, lo cual es bastante costoso y poco respetuoso con el hábitat natural de la especie.

Ante esta situación y la urgente necesidad de producir planta en vivero para el reforzamiento de las poblaciones naturales y la creación de nuevos núcleos poblacionales que evitaría la desaparición de la especie, nos planteamos como objetivo de este estudio la evaluación del efecto de la aplicación de concentraciones crecientes de N, P y K en la solución nutritiva sobre el crecimiento, el contenido de clorofila foliar y el contenido foliar de nutrientes de *A. nitidiflorus* cultivado en ausencia de nódulos. Pensamos que el conocimiento de los efectos producidos en este experimento ayudará a optimizar la fertilización de esta planta independientemente de su capacidad formadora de nódulos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.MATERIAL VEGETAL

Cultivamos plántulas de *Astragalus nitidiflorus* de 6 meses de edad, procedentes del semillero de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica de Cartagena, que germinaron y crecieron en bandejas de alveolo forestal cuyo medio de cultivo estaba compuesto por un sustrato comercial.



Ilustración 2 Plántulas de *Astragalus nitidiflorus* en bandejas de alveolo forestal.

El sustrato comercial estaba formado por turba rubia, fibra de coco y perlita (45, 45, 10 % en volumen), con un pH de 6,3 y una conductividad eléctrica de 1 dS m^{-1} . Dicho sustrato contenía una fertilización básica formada por una concentración (ppm) y equilibrio (N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO) de 190-130-160-70-130.

3.2.CONDICIONES DE CULTIVO

Las plántulas fueron trasplantadas el 16 de diciembre de 2015 a macetas de PVC (policloruro de vinilo) de color negro y con forma de tronco de pirámide invertida (2,8 l de volumen y 20 cm de altura; con 15 x 15 cm en lo alto y 11 x 11 cm en la base).



Ilustración 3 Macetas de PVC con forma de tronco de pirámide invertida.

El experimento se llevó a cabo en un invernadero con cubierta semicircular (12 m de largo x 7 m de ancho, 3 m de altura en el lado y 4,5 m en el centro) cubierto con polietileno y malla antipulgón, excepto en sus dos frontales (puertas) que sólo estaban cubiertos con la malla. La ventilación del invernadero se realizó abriendo los laterales y las dos puertas frontales. Dicho invernadero estaba situado en la finca experimental Tomás Ferro de la Universidad Politécnica de Cartagena (37° 35' N, 0° 59' W).



Ilustración 4 Invernadero donde se llevó a cabo el experimento.

Las condiciones climáticas en el invernadero durante el cultivo fueron registradas por un sensor de temperatura y humedad ambiental HOB0 (H08-004-02, MicroDAQ.com, Ltd., USA.), resultando $6,8^{\circ} \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ (mínimo) y $28,8^{\circ} \pm 4,4^{\circ}\text{C}$ (máximo), con una humedad relativa de $36,8 \pm 19,6\%$ (mínima) y $79,6 \pm 11,3\%$ (máximo).

3.3. TRATAMIENTOS

Se realizaron un total de ocho tratamientos, con 15 plantas cada uno ellos. Los tratamientos comenzaron el día 21 de diciembre de 2015 y finalizaron el 28 de mayo de 2016.

Siete de éstos tenían como medio de cultivo un sustrato comercial al 100% (características comentadas anteriormente), mientras que hubo un sólo tratamiento que incorporaba al medio un 15% de tierra procedente del hábitat de *A. nitidiflorus*.

La tierra del hábitat de la especie es de textura franco-arenosa, con las siguientes características:

Tabla 2 Características físico-químicas de la tierra del hábitat de *Astragalus nitidiflorus*.

Acidez real	8,15
CE (dS m ⁻¹)	0,43
CaCO ₃ (%)	9,60
Carbono orgánico (g kg ⁻¹ suelo)	11,09
Materia orgánica (%)	3
Arcillas (%)	15,52
Limo (%)	27,91
Arena (%)	56,56
C/N	12,97
Capacidad intercambio catiónico (mEq g ⁻¹ suelo)	0,25
N total (g kg ⁻¹ suelo)	0,79
P asimilable (g kg ⁻¹ suelo)	0,05
K asimilable (g kg ⁻¹ suelo)	0,60
Na asimilable (g kg ⁻¹ suelo)	0,40
Mg asimilable (g kg ⁻¹ suelo)	0,80
Mn asimilable (mg kg ⁻¹ suelo)	28,2
Fe asimilable (mg kg ⁻¹ suelo)	7,10
Cu asimilable (mg kg ⁻¹ suelo)	1,50
Zn asimilable (mg kg ⁻¹ suelo)	20,5

Respecto a la fertilización, se estudiaron seis tratamientos que consistieron en la aplicación a las plantas de soluciones nutritivas con concentraciones de fertilizantes (N-P-K) crecientes. El tratamiento con tierra del hábitat y uno de los de sustrato no recibieron aporte nutritivo extra en el agua de riego. Así, los tratamientos fueron: T0 (cultivo en tierra sin fertilizantes), S0 (cultivo en sustrato sin fertilizantes), S1 (cultivo en sustrato con 0,43 dS m⁻¹ de fertilizantes), S2 (cultivo en sustrato con 0,61 dS m⁻¹ de fertilizantes), S3 (cultivo en sustrato con 0,81 dS m⁻¹ de fertilizantes), S4 (cultivo en sustrato con 0,98 dS m⁻¹ de fertilizantes), S5 (cultivo en sustrato con 1,14 dS m⁻¹ de fertilizantes), S6 (cultivo en sustrato con 1,23 dS m⁻¹ de fertilizantes). En la tabla 3 quedan reflejados las concentraciones y equilibrios nutritivos de estas soluciones.

Tabla 3 Concentración, equilibrio nutritivo y conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas y del agua de riego. pH 6,1 ± 0,2.

Tratamientos	Concentración (mg l ⁻¹)							CE (dS m ⁻¹)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Micro	Fe	abono	solución
Agua de riego (T0, S0)	1	1	8	100	58	-	0,04	0	1,01
Sustrato (S1)	69	29	35	100	58	35	9	0,43	1,44
Sustrato (S2)	105	35	75	100	58	35	9	0,61	1,62
Sustrato (S3)	144	43	131	100	58	35	9	0,81	1,82
Sustrato (S4)	180	48	168	100	58	35	9	0,98	1,99
Sustrato (S5)	214	54	205	100	58	35	9	1,14	2,15
Sustrato (S6)	245	58	235	100	58	35	9	1,23	2,24

Las soluciones fertilizantes se realizaron utilizando el agua habitual de riego en la zona que contenía las siguientes características:

Tabla 4 Concentración, pH y conductividad eléctrica del agua habitual de la zona.

Sodio (mEq l ⁻¹)	2,90
Potasio (mEq l ⁻¹)	0,17
Calcio (mEq l ⁻¹)	3,90
Magnesio (mEq l ⁻¹)	3,01
Cloruros (mEq l ⁻¹)	2,97
Sulfatos (mEq l ⁻¹)	4,61
Carbonatos (mEq l ⁻¹)	<0,17
Bicarbonatos (mEq l ⁻¹)	2,41

Nitratos (mEq l ⁻¹)	0,09
Nitrógeno amoniacal (mEq l ⁻¹)	<0,01
Fosfatos (mEq l ⁻¹)	0,01
Boro (mEq l ⁻¹)	0,01
Manganeso (μEq l ⁻¹)	<0,36
Hierro (μEq l ⁻¹)	<1,79
Cinc (μEq l ⁻¹)	<1,22
Cobre (μEq l ⁻¹)	<1,26
pH	7,82
CE (dS m ⁻¹)	1,01

La concentración de nutrientes, el equilibrio nutritivo y la CE de las soluciones nutritivas aplicadas quedan recogidas en la tabla 3, las cuales se realizaron mezclando algunos de los siguientes fertilizantes: nitrato amónico, ácido fosfórico (89%), ácido nítrico (65%) y nitrato potásico. Con la aplicación de los ácidos (nítrico y fosfórico) se neutralizaron los bicarbonatos hasta conseguir un pH alrededor de 6,2 en todas las soluciones nutritivas. Además, en todas las soluciones de fertirrigación se añadieron 35 ppm de un preparado comercial con micro-nutrientes y un quelato de hierro tipo EDTA (9 ppm).

Tabla 5 Valor nutricional en porcentaje del preparado comercial con microelementos quelatados.

Hierro	7,50
Zinc	0,70
Manganeso	3,50
Cobre	0,28
Boro	0,65
Molibdeno	0,30

3.4. CONSUMO DE AGUA Y DRENAJE

La fertirrigación se llevó a cabo mediante una bomba acoplada a ocho tanques independientes de 250 litros que contenían las distintas soluciones nutritivas (Ilustración 5). La bomba estaba controlada por electroválvulas cuya apertura y cierre era dirigido por un programador de riego Hunter XC (Hunter Industries, San Marcos, CA92078,

USA). Antes de regar, una electroválvula actuaba durante dos minutos para expulsar el agua de riego fuera de las macetas con el objetivo de limpiar las tuberías del agua retenida desde el último riego.



Ilustración 5 Disposición de los tanques en el interior del invernadero.

Cada maceta era regada por medio de dos emisores de $1,2 \text{ l h}^{-1}$ con dos microtubos insertados en el sustrato mediante una pica de plástico en las caras sur y norte de la maceta (Ilustración 6). El agua aplicada se verificó colocando dos goteros dentro de una botella para cada uno de los tratamientos (Ilustración 7).



Ilustración 6 Orientación de macetas y colocación del riego en las caras norte y sur de ésta.



Ilustración 7 Verificación del agua de riego con botellas.

Durante las dos primeras semanas se regó dos veces por semana (martes y viernes durante dos minutos), buscando un drenaje mínimo (5%), para ello se aplicó 160 ml de agua por maceta. Después se aumentó el tiempo de riego progresivamente hasta 230 ml, para conseguir un drenaje alrededor del 15%. Durante abril y mayo se pasó a regar tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), fijando el volumen de agua aplicado (tiempo de riego en el programador), buscando un drenaje alrededor de 20%. Todos los tratamientos se regaron por la mañana y recibieron la misma cantidad de agua, lo que condujo a que el volumen total de agua aplicado por maceta fuera de $26,12 \pm 0,9$ litros.

3.5. PARÁMETROS MEDIDOS

Se seleccionaron seis plantas por tratamiento, y de éstas, se tomaron de forma evolutiva una serie de parámetros: número de hojas, número de tallos, folíolos por hoja, hojas cloróticas, flores, inflorescencias y frutos cuajados. Los parámetros citados se tomaron en seis momentos durante el periodo de cultivo.



Ilustración 8 Recuento de frutos en *Astragalus nitidiflorus*.

Al final del experimento (última semana de mayo de 2016), se tomaron cinco plantas de cada tratamiento diferentes a las seleccionadas anteriormente, y se midieron los siguientes parámetros de crecimiento y desarrollo: peso seco de la parte aérea, número de frutos por planta, contenido relativo de clorofila foliar (SPAD) y un índice de crecimiento radicular (ICR).

Para calcular el peso seco aéreo colocamos el material vegetal (tallos, hojas y frutos) en un sobre identificado que se introdujo en una estufa de convección natural (modelo 2002471, JP Selecta, SA, Barcelona, España) a 60°C hasta peso constante, proceso que duró aproximadamente una semana.

Para medir la clorofila se utilizó un medidor de clorofila SPAD 502 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón), colocándolo sobre el tejido de la hoja y disparando para recibir una lectura del contenido de clorofila SPAD (0-99.9). Las medidas se toman insertando un folíolo y cerrando el cabezal superior sin necesidad de cortar la hoja. Se analizaron todas las hojas del tallo principal de cada planta, desde el ápice del tallo hasta la base del mismo, y en cada hoja se midió la clorofila del quinto par de folíolos contado desde la base de la hoja. El valor medio de clorofila SPAD foliar de un tratamiento fue el promedio de los valores obtenidos en los tallos medidos en cinco plantas.



Ilustración 9 Hojas desprovistas de folíolos en los que se medirá su clorofila SPAD.

El índice de crecimiento radicular (ICR) está basado en la presencia de raíces en las caras del cepellón. Para su cálculo fotografiamos las cuatro caras laterales, y sobre las fotografías calculamos el porcentaje de superficie radicular del cepellón a través de un análisis de contrastes con el programa Asses 2.0 (ImageAnalysis Software for Plant Disease Quantification) (Ilustración 10). Al mismo tiempo se visualizó la presencia de nódulos en las raíces (Ilustración 11).

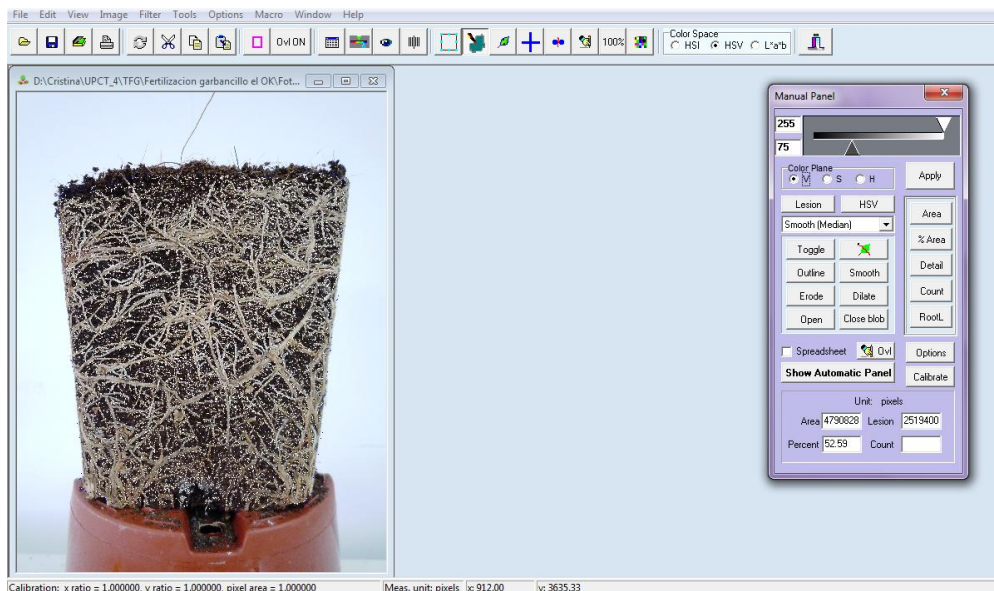


Ilustración 10 Determinación del % de raíces mediante Asses 2.0.



Ilustración 11 Nódulos en las raíces de *Astragalus nitidiflorus*.

3.6.DETERMINACIÓN DE IONES MINERALES EN LAS HOJAS

Analizamos hojas cloróticas y verdes cogidas al azar de seis plantas ubicadas en su hábitat natural para conocer las discrepancias en contenido de micronutrientes y macronutrientes entre ambos tipos de hojas. Al final del experimento se determinó también, en todos los tratamientos, el contenido de iones minerales de hojas cogidas de la parte central de los tallos principales de las plantas.

Se determinaron los iones en tres plantas por tratamiento. Para ello se separaron las hojas, que fueron secadas hasta peso constante en un horno a 60°C. Se seleccionaron cuatro muestras de hojas por tratamiento al azar para el análisis de las concentraciones de iones. Después, pesamos 0,2 g de muestra molida en una balanza de precisión serie ST GRAM (sensibilidad de 10 mg y g hasta 1200, Gram Precisión, SL, Barcelona, España) y se le añadió 50 ml de agua destilada. Cada solución se mezcló durante 30 min por agitación en un agitador magnético a 117 rpm y 27°C (Modelo ACS-100 C / C; ITC, SL, Barcelona, España). Seguidamente las mezclas fueron filtradas con ayuda de un embudo que contenía un filtro DP 145 110.

Se tomaron 10 ml de cada solución filtrada para su análisis por cromatografía en un sistema de cromatografía iónica Metrohm 850 (Metrohm AG, Herisau, Suiza) equipado con un detector de conductividad y un muestreador automático (Metrohm 815 RoboticSampleProcessor USB XL), que filtra las muestras también en línea a través de un 0,20 micras de poro de filtro de celulosa diámetro membrana de acetato. La separación de aniones se llevó a cabo usando una columna Metrosep A Supp 5-50 (Metrohm AG) con eluyente de carbonato-bicarbonato (3,2 mM Na₂CO₃ NaHCO₃ 1,0 mM) a una velocidad de flujo de 0,7 ml min⁻¹. Los cationes se separaron en una columna Metrosep C3-100 (Metrohm AG) con ácido nítrico 3,5 mM como eluyente a un caudal de 1,0 ml min⁻¹. Las inyecciones se realizaron a 25° C.

3.7.DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cada tratamiento estuvo compuesto por dos filas de 8 macetas. El análisis estadístico fue un ANOVA simple (Statgraphics Plus 5.1). Las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de LSD. Los análisis de regresión fueron realizados con el programa SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA).



Ilustración 12 Disposición material vegetal en el invernadero.



Ilustración 13 Disposición de tratamientos en fila.

4. RESULTADOS

4.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El aumento de la tasa de fertilización produjo incrementos lineales de peso seco aéreo en las plantas cultivadas con sustrato (Figura 1A). Los tratamientos con mayor tasa de fertilización duplicaron el peso seco aéreo comparado con las plantas no fertilizadas (S0), alcanzando valores alrededor de 60 g por planta. Sin embargo, fue el tratamiento con tierra y sin fertilización (T0) el que produjo mayor peso seco aéreo (68,20 g). El número de tallos por planta se comportó frente a la fertilización de forma similar al peso seco (Figura 1B). El tratamiento con mayor tasa de fertilización (S6) produjo dos veces y media más tallos que el control (S0), mientras que T0 produjo similar número de tallos por planta que S5 y S6 (alrededor de 17). El número de folíolos por hojas de las plantas bajo sustrato tuvieron un comportamiento lineal positivo en respuesta al aumento de la concentración de nutrientes en la solución nutritiva (Figura 1C). Ninguno de los tratamientos incrementó más del 19% el número de folíolos por hoja encontrado en las plantas S0. Cuando añadimos suelo del hábitat al sustrato (T0), el número de folíolos por planta fue similar a los obtenidos con los mayores niveles de fertilización (alrededor de 26 folíolos por hoja).

La tendencia para el índice de crecimiento radical (ICR) frente al aporte de nutrientes fue similar a la observada en el crecimiento aéreo, pero el ajuste lineal mostró un coeficiente de correlación más bajo (Figura 1D). El tratamiento S6 aumentó el ICR un 7,2 % comparado con S0 (43%), mientras que T0 condujo a desarrollar plantas con un ICR del 53%. La presencia de nódulos en las raíces de plantas con tierra (T0) fue observada, cuya superficie representó un 1,5% de la superficie lateral total del cepellón. Por el contrario, en el resto de tratamientos no fueron observados nódulos.

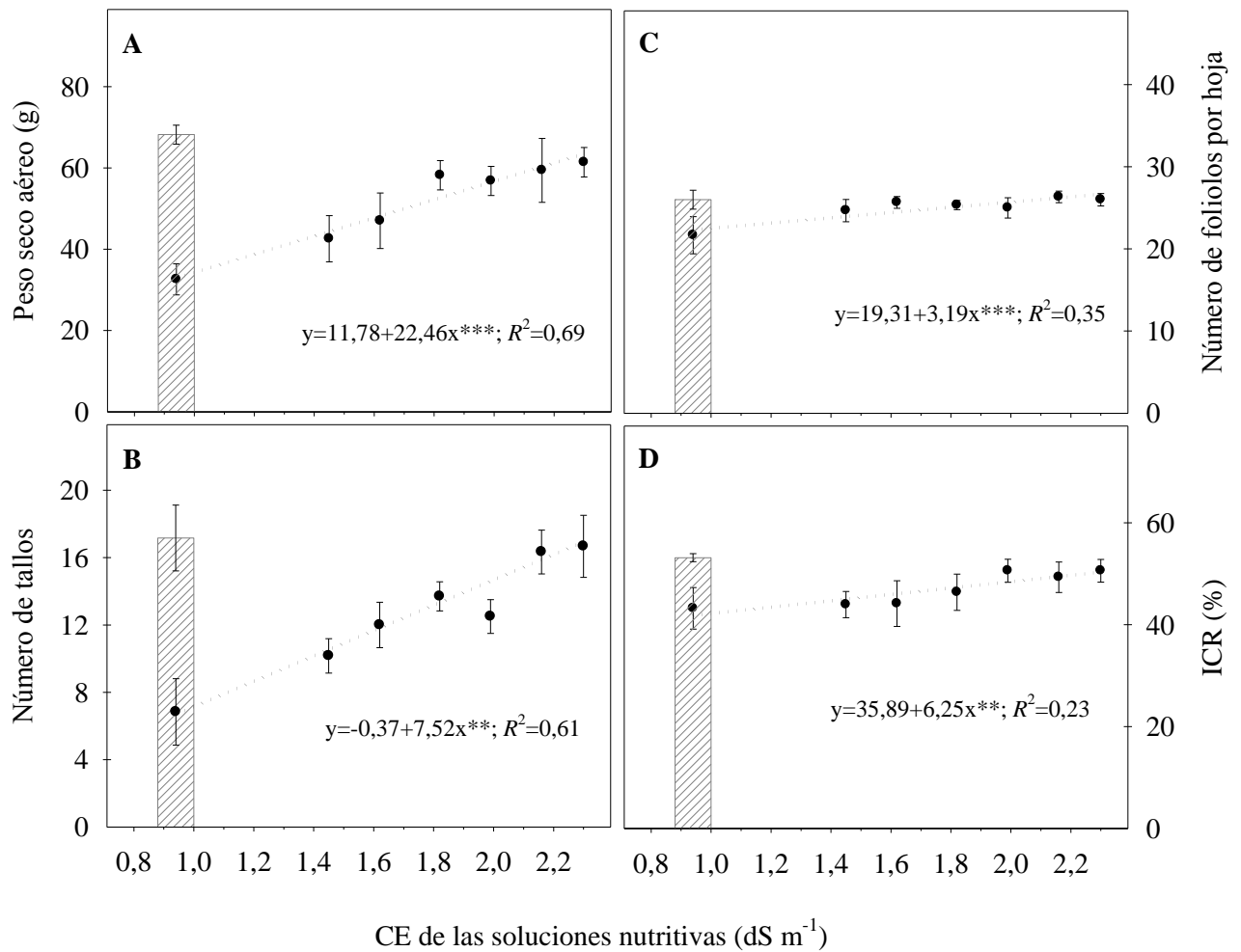


Figura 1 - Ajustes lineales ($y=ax+b$) para peso seco aéreo (A), número de tallos por planta (B), número de folíolos por hoja (C) e índice de crecimiento radicular (ICR) (D) frente a diferentes conductividades eléctricas (dS m⁻¹) de la solución nutritiva (0,94-S0, 1,45-S1, 1,62-S2, 1,82-S3, 1,99-S4, 2,16-S5 y 2,30-S6), donde “y” es el parámetro de crecimiento y la “x” la CE. La barra vertical rallada en cada una de las figuras se corresponde con el tratamiento con tierra (T0). Las barras verticales indican \pm el error estándar de las medias.



Ilustración 14 Comparación del área foliar entre el tratamiento S1 y S6.

Se produjo una rápida producción de hojas en las plantas T0, que en la primera semana de marzo tenían casi el doble de hojas que las cultivadas en sustrato (Figura 2A). A partir de esta fecha, las plantas fertilizadas reducen esta diferencia, mientras que el tratamiento S0 frena claramente su crecimiento foliar. Se distinguen tres conductas de crecimiento foliar: i) plantas T0 con la mayor tasa de crecimiento, ii) plantas S0 con la menor tasa de crecimiento, y iii) resto de tratamientos con pequeñas diferencias de tasa de crecimiento entre ellos. Al final del experimento, T0 presentó 3,2 veces más hojas que S0, aunque la diferencia respecto a S6 no fue significativa.

La presencia de frutos fue detectada a mediados de mayo (Figura 2B). En esa fecha las plantas T0 contenían 28 frutos por planta, mientras que ninguno de los tratamientos con sustrato superó los 12 frutos, e incluso en algunos casos las plantas no tenían frutos (S0, S1 y S5). Al final del experimento, las plantas T0 presentaron significativamente el mayor número de frutos (32), mientras que los tratamientos fertirrigados presentaron entre 14 y 24 frutos por planta. El tratamiento S0 finalmente no produjo frutos.

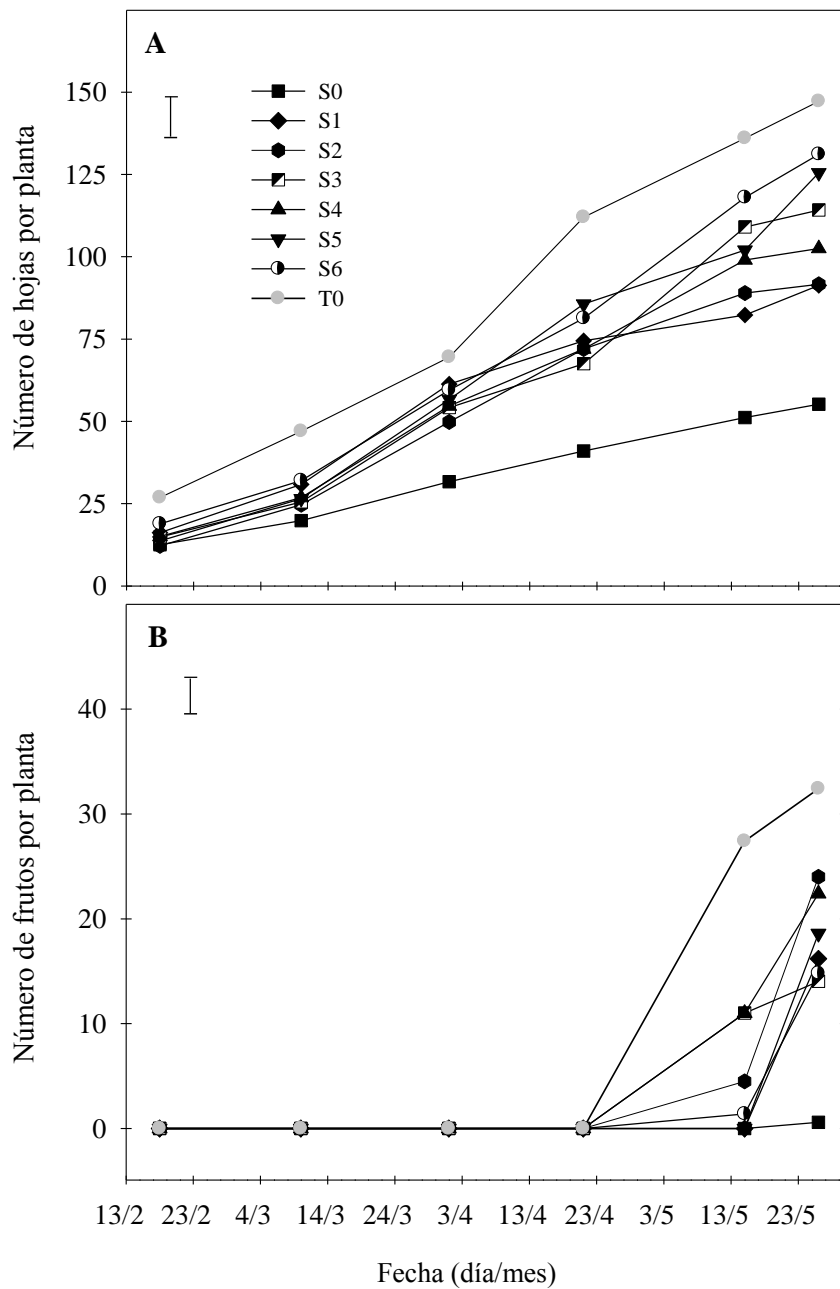


Figura 2 - Evolución del número de hojas por planta (A) y del número de frutos por planta (B). La barra vertical en cada figura indica el error estándar medio según el test LSD (5%).

4.2.SPAD FOLIAR

Hubo una significativa relación curvilínea entre la concentración de nutrientes en la solución de riego (CE) y el contenido relativo de clorofila foliar (valores de SPAD) (Figura 3A). El tratamiento S0 presentó un valor SPAD que fue aproximadamente la mitad del registrado en T0 (68 unidades). Este último valor fue similar a los registrados

en los tratamientos con mayor tasa de fertilizantes (S3, S4, S5 y S6). Los valores SPAD en las hojas considerando su posición en el tallo fueron determinados de forma independiente de los tratamientos, porque un gradiente de color fue observado en todos los casos. Conforme la posición de la hoja en el tallo se alejaba del ápice, el valor SPAD disminuía según un ajuste lineal significativo (Figura 3B). Las hojas más cercanas al ápice presentaron valores SPAD altos (alrededor de 75), mientras que en las hojas más basales este valor se aproximaba a cero.

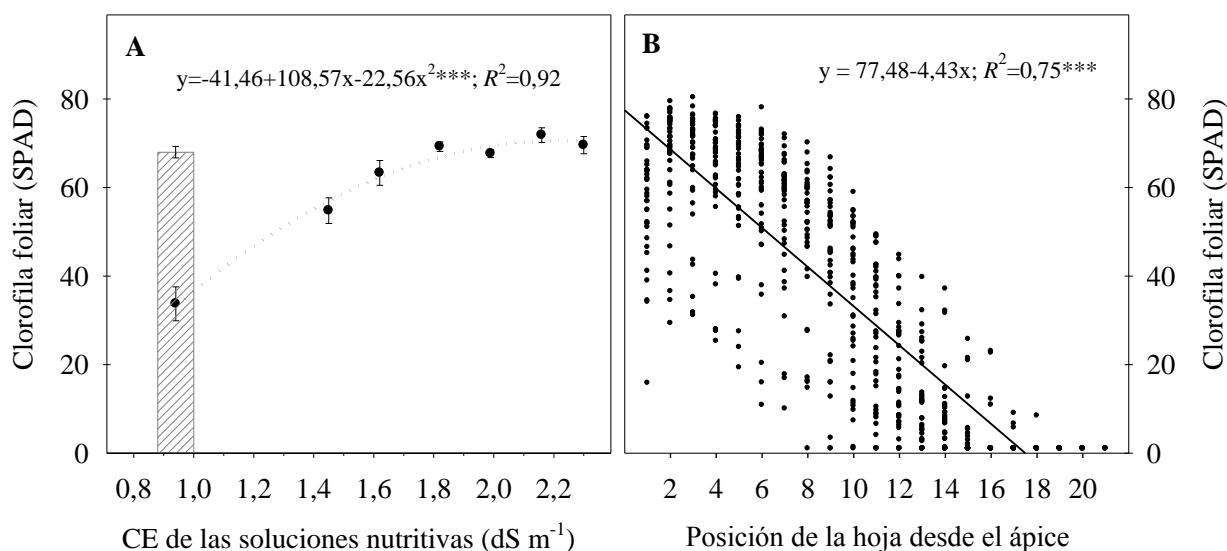


Figura 3 - Ajuste curvilíneo entre los valores SPAD y las conductividades eléctricas (dS m⁻¹) de las soluciones nutritivas (0,94-S0, 1,45-S1, 1,62-S2, 1,82-S3, 1,99-S4, 2,16-S5 y 2,30-S6) (A). La barra vertical rallada se corresponde con el tratamiento con tierra (T0). Las barras verticales indican \pm el error estándar de las medias. Regresión lineal entre los valores SPAD y la posición de la hoja en el tallo en todos los tratamientos (B).

4.3. CONTENIDOS NUTRITIVOS FOLIARES DE REFERENCIA

Las hojas verdes y sanas de plantas de *A. nitidiflorus* crecidas en su hábitat natural presentaron una concentración foliar de N de 42,5 mg gPS⁻¹, mientras que las hojas cloróticas tuvieron aproximadamente la mitad de N (Figura 4A). La concentración de P en las hojas verdes fue de 3,5 mg g PS⁻¹, mientras que en las cloróticas fue 2 mg g PS⁻¹. El contenido óptimo para el K fue de 36,5 mg g PS⁻¹, un 40% mayor que el registrado en las hojas cloróticas. Las concentraciones de Ca, Mg y Na fueron similares en hojas verdes y cloróticas (Figura 4A).

En cuanto a los micronutrientes (Figura 4B), las hojas cloróticas presentaron casi el doble de Mn que las verdes (56 frente a 29 mg KgPS⁻¹, respectivamente). De forma contraria, la concentración de Fe en las hojas cloróticas fue casi la mitad que la de las verdes, que presentaron un contenido de 98,8 mg Kg PS⁻¹. Las concentraciones de Zn, Cu y Mo fueron similares en hojas verdes y cloróticas.

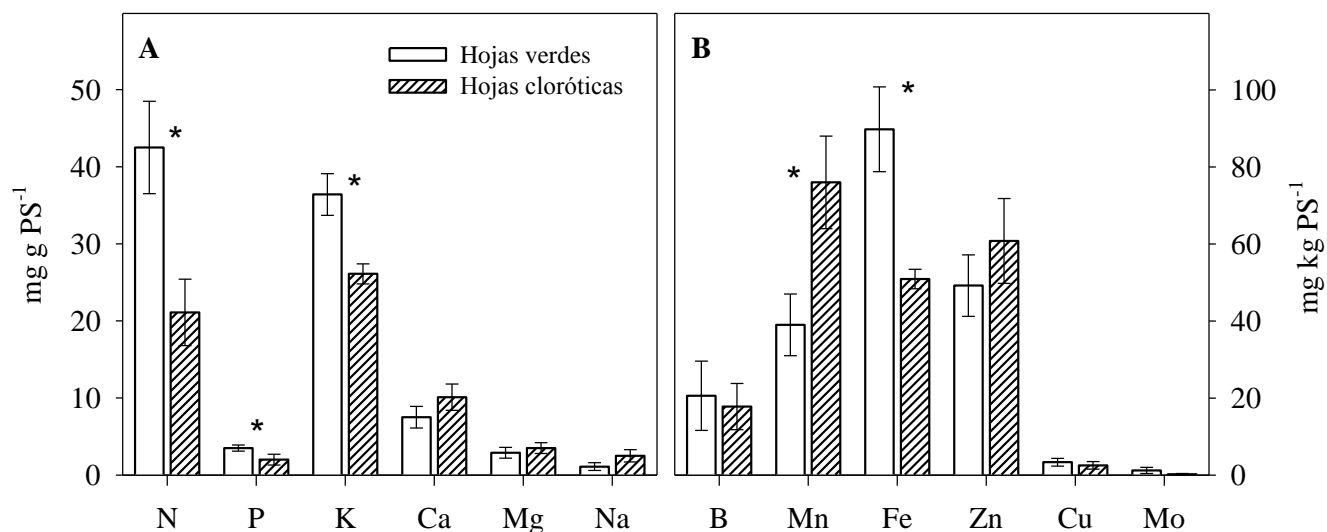


Figura 4 - Contenido de iones minerales en hojas verdes y cloróticas de plantas de *Astragalus nitidiflorus* crecidas en su hábitat natural. Macronutrientes (A) y micronutrientes (B). La presencia de asterisco indica diferencias significativas al 95% según el test de LSD entre hojas verdes y cloróticas para cada nutriente. Las barras verticales indican \pm el error estándar de las medias.

4.4. CONCENTRACIÓN FOLIAR DE IONES MINERALES

La relación entre el contenido foliar de N de las plantas cultivadas en sustrato y la CE de la solución nutritiva se ajustó significativamente según un modelo lineal (Tabla 6). El contenido foliar de N en S0 fue de 18,2 mg g PS⁻¹, incrementándose más del doble cuando se aplicaron las mayores dosis de abonado (S5 y S6). La presencia de tierra del hábitat (T0) produjo una concentración de N foliar de 35,1 mg g PS⁻¹, valor similar a los obtenidos en los tratamientos S2, S3 y S4, pero inferior a los obtenidos en S5 y S6.

La concentración de P foliar aumentó linealmente con la tasa de fertilizantes, desde 3,3 mg g PS⁻¹ (S0) a 5,3 mg g PS⁻¹ (S6) (Tabla 6). Sin embargo, en las plantas cultivadas con tierra esta concentración (2,4 mg g PS⁻¹) fue inferior a la de cualquier tratamiento bajo sustrato, incluso al S0 que tampoco fue fertirrigado.

La relación entre la concentración de K y la tasa de fertilización estuvo bien explicada por un modelo de regresión cuadrática (Tabla 6). Según este modelo, las concentraciones de K más bajas estuvieron en S0 y S1 (alrededor de 30 mg g PS⁻¹), y la aplicación del tratamiento S2 (0,61 dS m⁻¹ de abono, ver tabla 3) maximizó la acumulación de K en las hojas (un 28% más que en S0). Las plantas T0 mostraron similares contenidos de K foliar que las plantas S0 y S1.

La concentración de B foliar tuvo una respuesta lineal negativa frente a la tasa de fertilizantes (Tabla 6), disminuyendo un 11% cuando comparamos el tratamiento S0 con el S6. Las plantas sin fertirrigación (T0 y S0) presentaron valores similares de B foliar. Los contenidos de Mn y Fe presentaron una respuesta lineal positiva frente a los tratamientos. Para el Fe este ajuste fue muy débil ($R^2 = 0,12$), mientras que para el Mn

fue moderado ($R^2=0,66$). En ambos nutrientes, el contenido foliar en T0 fue superior al S0. Para el Fe fue muy evidente, porque las plantas T0 presentaron un 63% más de Fe que las S0.

El aumento de la tasa de fertilizantes en la solución nutritiva no afectó significativamente al contenido foliar de Ca, Mg, Na, Zn, Cu y Mo.

Tabla 6 Efectos del aumento del aporte de fertilizantes en la solución de riego sobre el contenido foliar de iones³.

Iones	Tratamientos								Significación	R^2
	T0	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
mg g PS^{-1}										
N	35,1b	18,2a	22,7a	35,5b	36,3b	37,8b	43,5c	41,4c	L***	0,81
P	2,4a	3,3b	3,53b	4,53c	4,40c	4,67c	4,47c	5,30c	L**	0,70
K	29,7a	28,2a	31,3a	38,9c	39,1c	33,4ab	36,4bc	37,0bc	Q**	0,57
Ca	9,6a	9,0a	10,8a	7,8a	7,6a	7,6a	8,7a	9,6a	ns	-
Mg	3,7a	3,4a	4,9a	3,3a	3,6a	3,4a	4,3a	4,1a	ns	-
Na	0,8a	1,1a	1,5b	1,0a	1,0a	0,9a	1,3ab	1,1a	ns	-
mg Kg PS^{-1}										
B	44,3ab	48,1b	57,9c	48,2b	47,4b	49,7b	46,1b	42,8a	L*	0,15
Mn	38,7b	20,6a	22,8a	18,3a	29,4b	35,8b	44,9c	59,4d	L***	0,66
Fe	95,1d	59,9a	73,1b	79,2bc	76,6c	73,9b	78,4bc	67,7b	L**	0,12
Zn	33,7a	48,6b	55,7b	44,5b	46,43b	50,9b	46,4b	39,8ab	ns	-
Cu	6,4b	3,2a	3,8a	4,3a	4,5a	3,9a	3,8a	3,1a	ns	-
Mo	0,58a	0,61a	0,63a	0,66a	0,54a	0,57a	0,55a	0,51a	ns	-

³ Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas al 95% según el test LSD. El análisis de regresión fue realizado considerando los tratamientos en sustrato, donde ns, *, ** y *** indican ausencia de significación y significación con una probabilidad de 0,05; 0,01 y 0,001 respectivamente. R^2 indica el coeficiente de determinación. La presencia de letras diferentes en las filas indica diferencias significativas según la prueba de rango múltiple de LSD (5%) considerando todos los ocho tratamientos (tierra y sustrato).

5. DISCUSIÓN

Este es el primer estudio de la influencia de la tasa de fertilización con N, P y K sobre el crecimiento y la nutrición foliar en *A. nitidiflorus*. El uso exclusivo de un sustrato comercial en la maceta cuando esta planta se cultiva en el vivero conlleva la imposibilidad de formar nódulos fijadores de N ambiental, mientras que la incorporación de tierra del hábitat de esta planta en el medio de cultivo produce la inoculación de la bacteria (Vicente *et al.*, 2016). Ambos aspectos fueron verificados en este experimento, en donde la incorporación de un 15% en volumen de esta tierra al medio de cultivo promovió la formación de nódulos radiculares. Este comportamiento se basa en que las bacterias formadoras de nódulos son parte de la comunidad microbiana del suelo, y las características físico-químicas del medio donde se desarrolla la planta son determinantes para propiciar o no su desarrollo (Bazin *et al.*, 1990).

Cuando hay inoculación en las leguminosas, la fertilización puede afectar a la formación de nódulos y/o a la actividad fijadora del N de éstos. Laws y Graves (2005) sugirieron que el N reduce ambos aspectos en *Alnus marítima*. Boakye *et al.* (2015) encontraron que el N afectó negativamente a la nodulación de tres leguminosas leñosas, mientras que la aplicación de P en fondo mitigó dicho efecto. Este fue un aspecto que no pudo estudiarse en nuestro experimento por la ausencia de nódulos en las plantas fertilizadas. Nuestros resultados en plantas no inoculadas (cultivadas exclusivamente en sustrato) indican que un incremento de la tasa de fertilización produjo un aumento del peso seco aéreo. La menor pendiente del ajuste lineal realizado para el número de foliolos comparado con el del ajuste realizado para el número de tallos sugiere que este incremento se debió más al aumento del número de tallos que al incremento de foliolos en la hoja. Estos datos ponen de manifiesto que la fertilización es efectiva para incrementar el crecimiento aéreo de la planta, especialmente cuando se aplican concentraciones de fertilizantes en la solución nutritiva superiores a 1 dS m⁻¹ (Tabla 3). Pero a pesar de la ausencia de fertilización, fueron las plantas cultivadas con tierra en el medio de cultivo (T0) las que produjeron un mayor crecimiento aéreo, lo que indica que *A. nitidiflorus* tiene un eficiente mecanismo fisiológico para nutrirse por sí misma y crecer favorablemente cuando produce nódulos en sus raíces.

En cuanto a la formación de frutos, la ausencia de fertilización bajo sustrato la inhibió, mientras que las distintas tasas de fertilización no causaron importantes diferencias entre sí. Sí observamos que la presencia de tierra aumentó claramente la fructificación y su precocidad, probablemente porque en el tratamiento T0 el desarrollo foliar fue más precoz y mayor que en cualquier otro, que hizo que estas plantas adquirieran ventajas de crecimiento y desarrollo respecto al resto.

La influencia de la fertilización sobre el índice de crecimiento radicular (ICR) fue más moderada que la observada para el peso seco aéreo, con un R^2 muy bajo (0,25) que indica que la relación fertilización-ICR fue débil. Quizás, esto puede deberse a que el ICR calculado aquí no fue lo suficientemente preciso como indicador del crecimiento radicular porque las plantas desarrollaron un extenso y grueso sistema radicular que produjo demasiados cruces y solapamiento de raíces en las caras exteriores del cepellón. Además, las raíces dentro del cepellón quedaron fuera del estudio.

La concentración de nutrientes en el tejido foliar suele utilizarse para el diagnóstico del estado nutritivo de las plantas (Marschner, 2012). Los análisis de nutrientes en hojas

verdes y cloróticas de plantas de *A. nitidiflorus* crecidas en su hábitat natural revelan los valores de referencia para un estado nutritivo adecuado. Para el N fue de 42 mg g PS⁻¹, que es un poco más alto que el sugerido para diversos cultivos ornamentales (Sonneveld y Voogt, 2009) pero que está dentro del rango recomendado para pepino y pimiento dulce (De Kreij *et al.*, 1992). Quizás, este valor podría ser algo menor, porque las plantas que más crecieron fueron las T0, las cuales presentaron 35,1 mg g PS⁻¹ de N foliar. La aplicación en fertirrigación de 105 ppm de N (tratamiento S2, ver Tabla 3) produjo un contenido foliar de N similar al de referencia. Aplicaciones de 144 y 180 ppm aumentaron el N foliar, mientras que aportes más altos (214 y 245 ppm) lograron acumular en las hojas mayores contenidos de N que los obtenidos en T0. Por el contrario, la ausencia de fertilización (S0) o la aplicación de una baja concentración de N en la solución nutritiva (69 ppm, S1), produjo valores de N foliar por debajo del valor de referencia. La concentración de N foliar en S0 y S1 fueron deficitarias porque 20 mg de N por gramo de peso seco fue encontrada en hojas cloróticas de plantaciones naturales, que presentaban síntomas que suelen identificarse con deficiencia de N.



Ilustración 15 Amarilleamiento en hojas viejas.

La presencia de nódulos en *A. nitidiflorus* cultivado con tierra del hábitat (T0) fue eficaz para suministrar N a la planta, indicando una buena actividad fijadora de N atmosférico. Es bien conocida la capacidad de las leguminosas para establecer una relación simbiótica con bacterias del suelo que toman el N del aire y lo fijan en forma de aminoácidos, mientras que la planta nutre con carbohidratos a la bacteria (Castroviejo *et al.*, 1986). Esta capacidad natural de captar N supone un importante ahorro económico en la compra de fertilizantes y la disminución de la contaminación por nitratos. Pero la ausencia de un protocolo de inoculación de rizobio en *A. nitidiflorus* obliga a añadir tierra al medio de cultivo para inocular, lo que hace que el manejo de la producción

viverística sea más engorroso además de alterar el ecosistema natural de la planta. Todo ello justifica la necesidad de optimizar la fertilización de *A. nitidiflorus* en vivero mientras no se creen protocolos de inoculación de la bacteria. Cuando esto ocurra, la información obtenida en este experimento ayudará a plantear estudios que estudien los efectos interactivos del abonado sobre la nodulación y su actividad fijadora de N ambiental.

El valor foliar de SPAD es un buen indicador del verdor de las hojas (Monge y Bugbee, 1992) y por tanto de la clorosis foliar (Valdés *et al.*, 2015), la cual podemos relacionar con el N porque es un componente clave de la clorofila. Basándonos en los valores foliares SPAD encontrados en este experimento, sugerimos que las plantas S0 presentaron bajos niveles de clorofila foliar, y que la fertilización palió eficazmente su degradación. Una aplicación de 144 ppm de N (tratamiento S3) fue suficiente para maximizar el contenido de clorofila foliar de *A. nitidiflorus*.

Por otro lado, ningún tratamiento ni la presencia de nódulos evitó la formación de hojas cloróticas en la base de algunos tallos (Ilustración 16), porque es un comportamiento natural de esta planta que habitualmente observamos en su hábitat natural. A lo largo del tallo, el contenido de clorofila de las hojas más apicales fue el más alto (mayores valores SPAD), degradándose la clorofila conforme la hoja se aproximaba a la base del tallo (se hace más vieja). Incluso fueron observadas hojas totalmente senescentes en la base de los tallos. Esta degradación de los cloroplastos es un proceso relevante durante la senescencia foliar (Ougham *et al.*, 2008), que permite movilizar el N acumulado en los cloroplastos hacia otros órganos en desarrollo (Hörtensteiner y Feller, 2002). Por tanto, la tendencia senescente de las hojas basales de los tallos podría considerarse como una estrategia nutritiva de *A. nitidiflorus* para reducir sus necesidades de N (Killingbeck, 2004).



Ilustración 16 Hojas cloróticas en la base de los tallos.

Respecto al P, el valor de referencia ($3,50 \text{ mg g PS}^{-1}$) se alcanzó fácilmente en todas las plantas fertirrigadas. Con la más baja aportación de P (tratamiento S1, 29 ppm de

$P_2O_5=12$ ppm de P) se produjo $3,53$ mg g PS^{-1} de P en las hojas. Incluso la ausencia de fertilización (S0) condujo a un contenido de P foliar muy similar al de referencia. Una explicación de este hecho es que la planta absorbió el P asimilable existente en el sustrato (130 ppm), porque la aportación en el agua de riego fue despreciable. Pero fueron las plantas T0 las que presentaron menos P foliar, probablemente porque crecieron más y el P tuvo que repartirse más, y porque la tierra contenía menos P (50 ppm) que el sustrato. No obstante, el contenido de P foliar encontrado en las plantas T0 ($2,4$ mg g PS^{-1}) está por encima del valor encontrado en las hojas cloróticas ($2,0$ mg g PS^{-1}), y no impidió la maximización del crecimiento y de la fructificación. En consecuencia, una baja tasa fertilización fosfórica debería ser aplicada en el cultivo de *A. nitidiflorus* en sustrato. De hecho, la aplicación de 12 ppm de P (S1, 29 ppm de P_2O_5) está en consonancia con las indicaciones de Van der Boon (1981) y Yeager y Wright (1982), autores que recomendaron aplicaciones de 10 ppm de P para optimizar el crecimiento de *Ilex crenata* y *Chamaecyparis lawsoniana*. Kim y Li (2016) sugirieron aplicaciones de P algo más elevadas (20 ppm de P en la solución nutritiva) para mantener un crecimiento vegetativo óptimo en *Lantana cámara*, lo que condujo a una acumulación de $3,82$ mg g PS^{-1} en los brotes de esta especie. Este último valor de P foliar se ubica en el rango de los contenidos encontrados en *A. nitidiflorus* (Tabla 6).

La concentración de K en las hojas de *A. nitidiflorus* se maximizó con la aplicación de 75 ppm de K_2O (=31 ppm de K, tratamiento S2), produciendo un valor similar al de referencia ($36,5$ mg g PS^{-1}). Maximizar el contenido de K en los tejidos es deseable porque está bien establecida la relación del K con la mejora de la calidad de las plantas (Lester *et al.*, 2010) y con el aumento de la resistencia a enfermedades y estreses abióticos (Zörb *et al.*, 2014; Yermiyahu *et al.*, 2015). Las plantas T0, S0 y S1 presentaron valores de K foliar algo por debajo del de referencia, aunque ningún síntoma de deficiencia de K (hojas viejas con márgenes y puntos cloróticos seguidos de clorosis) fue observado. Sonneveld y Voogt (2009) indicaron que la concentración foliar óptima de K en cultivos ornamentales varía mucho según la especie, sugirieron un rango óptimo de 8 a 20 mg g PS^{-1} de K en algunas plantas ornamentales como azalea, y un rango mayor entre 27 a 80 mg g PS^{-1} en otras como la hortensia.

La absorción de K por la planta suele afectar a la absorción de Ca, Mg y Na (Marschner, 2012). Barickman *et al.* (2016) observaron una reducción de la concentración foliar de B, Mg, S, Ca y Fe por el aumento de la fertilización potásica en lechuga. Aquí, el contenido foliar de Ca, Mg y Na no fue afectado por los tratamientos, con valores que están dentro de los rangos sugeridos como adecuados para numerosos cultivos bajo invernadero (De Kreij *et al.*, 1992). Probablemente esto ocurrió por el alto contenido de los tres iones en el agua de riego. Los registros de K, Ca, Mg y Na foliar encontrados aquí condujeron al incremento de los ratios K/Ca, K/Mg y K/Na. Especialmente importante es el último ratio, porque el aumento de la relación K/Na prepara a la planta para soportar mejor algunos estreses como el salino y el hídrico (Siddiqui *et al.*, 2008).

Las hojas cloróticas encontradas en las poblaciones naturales tuvieron contenidos de Fe mucho más bajos que las verdes. Entre los síntomas de estas hojas observamos clorosis entre las nervaduras foliares (Ilustración 17), que se corresponden con los típicos síntomas de deficiencia de hierro (Sonneveld y Voogt, 2009). Además, se ha relacionado los síntomas por deficiencia de Fe con la reducción de la clorofila (Radhamani *et al.*, 2016), ya que el Fe es esencial para la biosíntesis de clorofila (El-Jaoual y Cox, 1998). Radhamani *et al.* (2016) comprobaron también que las medidas SPAD fueron adecuadas para determinar variedades de caña de azúcar deficientes en Fe. En este experimento la aplicación de aproximadamente 12 ppm de Fe en la solución nutritiva

(quelato de Fe^+ contenido de Fe en los microelementos aportados) fue efectiva para llevar la concentración foliar de Fe a valores alrededor de 75 mg Kg PS^{-1} , inferiores a los de referencia ($98,8 \text{ mg Kg PS}^{-1}$). No obstante, las plantas cultivadas con tierra presentaron mayor contenido de Fe foliar que cualquiera de las cultivadas en sustrato, con un valor próximo al de referencia. Esto puede deberse a dos razones: la primera sería por el Fe aportado en la tierra del hábitat, muy rica en Fe asimilable al ser volcánica, aunque el aporte de sólo un 15% minimiza el efecto; la segunda es que la nodulación pudo activar algún mecanismo en la planta que favoreció la absorción radicular del Fe. De hecho, las leguminosas que desarrollan relaciones con bacterias fijadoras de N tiene mayor demanda de Fe para satisfacer las necesidades de las bacterias (Brear *et al.*, 2013). Tang *et al.* (1990) observaron en altramuces una mayor demanda de Fe en plantas con nódulos activos que en plantas fertilizadas, mientras que Terry *et al.* (1991) encontraron en soja que un estrés de Fe induce la secreción de H^+ en la rizosfera y la inducción de una reductasa Fe^{3+} para aumentar la absorción de Fe del suelo.



Ilustración 17 Deficiencia de hierro en *A. nitidiflorus*.

Los valores de Mn obtenidos en las hojas cloróticas de *A. nitidiflorus* fueron mayores a los encontrados en hojas verdes. Estos valores podrían estar próximos a los niveles tóxicos para esta planta porque en algunos foliolos cloróticos fue observada la presencia de manchas rojizas-marrones (Ilustración 18), síntomas que suelen identificarse con toxicidad por Mn (Nelson *et al.*, 2001). Además, los síntomas iniciales de toxicidad por Mn están relacionados con los de deficiencia de Fe, porque hay un antagonismo entre Mn y Fe (Fageria, 1988). Una explicación de la acumulación de Mn en hojas cloróticas se basaría en la relación entre toxicidad por Mn y degradación de la clorofila (Hauck *et al.*, 2003). Los suelos del hábitat de esta especie son ricos en Mn, lo que facilita su acumulación en la hoja, y la degradación de la clorofila en las hojas cloróticas liberaría el Mn. La fertirrigación fue efectiva para incrementar progresivamente la concentración foliar de Mn, a pesar de que todos los tratamientos incluyeron la misma cantidad de Mn. La interacción del Mn con otros nutrientes pudo ser la causa de este comportamiento (Fageria, 2001). En cualquier caso, todos los valores de Mn foliar registrados en este experimento estuvieron por debajo de los contenidos de Mn encontrados en hojas cloróticas, y la presencia de tierra condujo a valores óptimos de Mn foliar. De forma contraria al Mn, el contenido de B foliar disminuyó linealmente con la tasa de fertilización. Este hecho podría estar relacionado con el aumento de la fertilización

nitrogenada, pues se ha sugerido que el contenido de B en la planta disminuye conforme aumenta el aporte de N (Ouzounidou *et al.*, 2013; Koohkan y Maftoun, 2016).



Ilustración 18 Toxicidad por Mn en *A. nitidiflorus*.

6. CONCLUSIONES

En la producción en vivero de *A. nitidiflorus* bajo sustrato (ausencia de nódulos), sugerimos realizar una fertilización fosfórica moderada aplicando entre 29 y 35 ppm de P_2O_5 en la solución nutritiva, mientras que no se debe aplicar más de 75 ppm de K_2O porque no aumenta la concentración de K foliar. La fertilización con Fe resulta imprescindible, con aplicaciones de Fe soluble en la solución nutritiva superiores a 12 ppm.

La fertilización con 144 ppm de N fue suficiente para evitar la caída de clorofila foliar producida por la ausencia de fertilización en las plantas sin nódulos. En los tallos se produjo un gradiente de degradación de clorofila foliar conforme la hoja se aproximaba a la base del tallo (se hacía más vieja), que ocurre independientemente del medio de cultivo y de la fertilización. Este comportamiento podría considerarse como una estrategia nutritiva de *A. nitidiflorus* para reducir las necesidades de N.

Las hojas cloróticas de las plantas crecidas en su hábitat natural mostraron contenidos de N y Fe claramente inferiores a los de las hojas verdes, y en menor medida de K, mientras que el contenido en Mn fue mucho mayor que en las hojas verdes.

La ausencia de tierra y de fertilización produjo la disminución del peso seco aéreo, y la aplicación de 245 ppm de N no fue suficiente para lograr la biomasa seca aérea obtenida en las plantas con tierra.

La adición al sustrato comercial de un 15% de tierra del hábitat de *A. nitidiflorus* indujo la formación de nódulos radiculares, lo que no ocurrió cuando cultivamos solo con un sustrato comercial al 100%, independientemente de la tasa de fertilización. El desarrollo de estos nódulos proporcionó un suministro adecuado de N a la planta, que condujo a un buen desarrollo de la planta sin necesidad de fertirrigación. La acumulación foliar del Fe se vio mejorada en presencia de nódulos radiculares.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Barickman, T.C., Horgan, T.E., Wheeler, J.R., Sams, C.E. 2016. Elevated Levels of Potassium in Greenhouse-grown Red Romaine Lettuce Impacts Mineral Nutrient and Soluble Sugar Concentrations. *HortScience*51(5), pp. 504-509.
- Bazin, M.J., Markham, P., Scott, E.M., Lynch, J.M. 1990. Population dynamics and rhizosphere interactions. En: *The rhizosphere* (Lynch, J.M., Ed.). John Wiley and Sons Ltd., Chichester, West Sussex, UK. pp. 99-127.
- Boakye, E.Y., Lawson, I.Y., Owusu-Bennoah, E., Danso, S.K. 2015. Growth and nodulation response of six indigenous trees and two shrubby legumes to phosphorus and nitrogen fertilizers in two soils of Ghana. *Journal of Tropical Agriculture*531, pp. 21-34.
- BOE, Boletín Oficial del Estado. 2005. Orden MAM/2231/2005, de 27 de junio, por la que se incluyen en el catálogo nacional de especies amenazadas las especies *Astragalus nitidiflorus* y el Lagarto gigante de La Gomera y cambian de categoría el Urogallo cantábrico y el Visón Europeo. BOE 165, pp. 24919-24920.
- Brear, E.M., Day, D.A., Smith, P.M. 2013. Iron: an essential micronutrient for the legume-rhizobium symbiosis. *Frontiers in Plant Science*4, p. 359.
- Carrión, M.A., Robles, J. 2016. *Astragalus nitidiflorus*: descripción, redescubrimiento y primeros pasos para su gestión y conservación. En: Martínez-Sánchez, J.J., Vicente, M.J. (eds), Aspectos científicos y técnicos sobre la conservación de *Astragalus nitidiflorus* un endemismo en peligro de extinción. Universidad politécnica de Cartagena, pp. 11-13.
- Castroviejo, S., Talavera S., Aedo, C., Romero Zarco, C., Saez, L., Salgueiro, F.J., Velayos, M. (Eds.). 1986. Flora-Península Ibérica. Tomo VII: Leguminosae. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, España.
- De Kreijl, C., Sonneveld, C., Warmenhoven, M.G, Straver, N.A. 1992. Guide values for nutrient element contents of vegetables and flowers under glass. *Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables Report*, p. 15.
- El-Jaoual, T., Cox, D.A. 1998. Manganese toxicity in plants. *J. Plant Nutr.* 21, pp. 353-386.
- Enríquez Hidalgo, D., Gilliland, T.J., Hennessy, D. 2015. Enríquez-Hidalgo, D., Gilliland, T.J., Hennessy, D. 2016. Herbage and nitrogen yields, fixation and transfer by white clover to companion grasses in grazed swards under different rates of nitrogen fertilization. *Grass Forage Sci.* 71: pp.559-574.
- Fageria, N.K. 1988. Influence of iron on nutrient uptake by rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 13, pp. 20-21.
- Fageria V.D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): pp. 1269-1290.
- Flynn, R, Idowu, J. 2015. Nitrogen Fixation by Legumes. Guide A-129. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State

- University. http://aces.nmsu.edu/pubs/_a/A129/ (Consulta: 20 de diciembre de 2016).
- Galicia, D., Sánchez, P. 2003. *Astragalus nitidiflorus* Jiménez et Pau. En: Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J.C., Ortiz, S.(eds), Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España. Taxones prioritarios. Dirección General de Conservación de la Naturaleza Madrid, p. 56.
- Hauck, M., Paul, A., Gross, S., Raubuch, M. 2003. Manganese toxicity in epiphytic lichens: chlorophyll degradation and interaction with iron and phosphorus. *Environmental and Experimental Botany*492, pp. 181-191.
- Hörtensteiner, S., Feller, U. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *J. Exp. Bot.*53, pp. 927-937.
- IUCN, Unión internacional para la conservación de la Naturaleza. 2001. IUCN red list categories and criteria. Version 3.1. <http://www.iucn.org/themes/ssc/red-lists.htm>.
- Killingbeck, K.T. 2004. Nutrient Resorption. In *Plant Cell Death Processes* Noodén, L.D. ed. San Diego: Academic Press, pp. 215-226.
- Kim, H.J., Li, X. 2016. Effects of Phosphorus on Shoot and Root Growth, Partitioning, and Phosphorus Utilization Efficiency in Lantana. *HortScience*518, pp. 1001-1009.
- Koohkan, H., Maftoun, M. 2016. Effect of nitrogen-boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of canola *Brassica napus* L. *Journal of Plant Nutrition* (aceptado).
- Laws, M.T., Graves, W.R. 2005. Nitrogen inhibits nodulation and reversibly suppresses nitrogen fixation in nodules of *Alnus maritima*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*1304, pp. 496-499.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Makus, D.J. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil*335, pp. 117- 131.
- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd Edition. Academic Press, Inc., p. 676.
- Martínez-Sánchez, J.J., Vicente, M.J., Conesa, E., Franco, J.A., Munuera, M. 2007. Estudios básicos para la elaboración de los planes de recuperación de *Anthemis chrysantha* y *Astragalus nitidiflorus* en la Región de Murcia. Convenio de colaboración entre la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio de la Región de Murcia y la Universidad Politécnica de Cartagena. Informe Técnico de la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de Murcia y la Universidad Politécnica de Cartagena (Inédito).
- Martínez-Sánchez, J.J., Segura, F., Aguado, M., Franco, J.A., Vicente, M.J. 2011. Life history and demographic features of *Astragalus nitidiflorus*, a critically endangered species. *Flora* 206, pp. 423-432.
- Martínez-Sánchez, J.J., Segura, F.J., Franco, J.A., Vicente, M.J. 2016. Biología reproductiva y estrategias adaptativas de *Astragalus nitidiflorus*. En: Martínez-Sánchez, J.J., Vicente, M.J. (eds), Aspectos científicos y técnicos sobre la conservación de *Astragalus nitidiflorus* un endemismo en peligro de extinción. Universidad politécnica de Cartagena, pp. 73.

- Martínez-Sánchez, J.J., Vicente, M.J. 2016. Aspectos científicos y técnicos sobre la conservación de *Astragalus nitidiflorus*, un endemismo en peligro crítico de extinción. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Monge, O.A., Bugbee, B. 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meters. HortScience 27, pp. 69-71.
- Navarro, A., Fos, S, Laguna, E., Durán D., Rey, L. 2014. Conservation of Endangered *Lupinus mariae-josephae* in Its Natural Habitat by Inoculation with Selected, Native Bradyrhizobium Strains. PLoS ONE 9(7): e102205.
- Nelson, P., Pitchay, D., Gidson, Whipker, B. 2001. "Nutrient disorders". In Plant root zone management, Editado por: Whipker, B., Dole, J., Cavins, T., Gibson, J., Fonteno, W., Nelson, P., Pitchay, D. y Bailey, D. pp. 24-26. Raleigh, North Carolina: NCCFGA. New York, NY.
- Ougham, H., Hörtensteiner, S., Armstead, I., Donnison, I., King, I., Thomas, H. y Mur, L. 2008. The control of chlorophyll catabolism and the status of yellowing as a biomarker of leaf senescence. Plant Biol.10, pp. 4-14.
- Ouzounidou, G., Paschalidis, C., Petropoulos, D., Koriki, A., Zamanidis, P., Petridis, A. 2013. Interaction of soil moisture and excess of boron and nitrogen on lettuce growth and quality. Horticultural Science, Slezská, Czech Republic, 403, pp.119-125.
- Radhamani, R., Kannan, R., Rakkiyappan, P. 2016. Leaf chlorophyll meter readings as an indicator for sugarcane yield under iron deficient typic Haplustert. Sugar Tech181, pp. 61-66.
- Robles, J., Aznar, L. 2012. Memoria descriptiva del plan de recuperación de *Astragalus nitidiflorus* en la Región de Murcia. Programa de Conservación de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia. Dirección General de Medio Ambiente. (Inédito). El paisaje como los métodos de cultivo tradicionales, así como la vegetación asociada a los cultivos de la zona, factores muy a tener en cuenta en la conservación de la especie.
- Salvagiotti, F. Cassman, K.G. Specht, J.E. Walters, D.T. Weiss, A. Dobermann, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review, Field Crops Research, Volumen 108, Issue 1, 11 Julio 2008, pp. 1-13,
- Siddiqui, M.H., Khan, M.N., Mohammad, F., Khan, M.M.A., 2008. Role of nitrogen and gibberellin (GA3) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea* L. under salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science 194, pp. 214-224.
- Sonneveld, C, Voogt, W. 2009. Tissue test. In plant nutrition of greenhouse crops pp. 83-101. Springer, New York, USA.
- Streeter, J., 1988. Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. CRC Crit. Rev. Plant Sci. 7, 1-23.
- Tang, C.X., Robson, A.D., Dilworth, M.J. 1990. A split- root experiment shows that iron is required for nodule initiation in *Lupinus angustifolius* L. New Phytol. 115, pp. 61-67.

-
- Terry, R.E., Soerensen, K.U., Jolley, V., Brown, J.C. 1991. The role of active *Bradyrhizobium japonicum* in iron stress response of soy- beans. *Plant Soil* 130, pp. 225-230.
- Valdés, R., Ochoa, J., Franco, J.A., Sánchez-Blanco, M.J., Bañón, S. 2015. Saline irrigation scheduling for potted geranium based on soil electrical conductivity and moisture sensors. *Agricultural Water Management* 149, pp. 123-130.
- Van der Boon, J. 1981. A slow-release fertilizer for nursery plants in container. *Acta Hort.* 126, pp. 321-348.
- Vicente, M.J., Conesa, E., Bañón, S., Martínez-Sánchez, J.J. 2016. Optimización de la producción en vivero de *Astragalus nitidiflorus*, una especie en peligro crítico de desaparición. *Foresta* 66: pp. 58-62.
- Yeager, T.H., Wright, R.D. 1982. Phosphorus requirement of *Ilex crenata* Thunb. cv. Hellerigrown in a pine bark medium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107, pp. 558-562.
- Yermiyahu, U., Israeli, L., David, D.R., Faingold, I., Elad, Y. 2015. Higher Potassium Concentration in Shoots Reduces Gray Mold in Sweet Basil. *Phytopathology* 1058, pp. 1059-1068.
- Zörb, C., Senbayram, M., Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture-status and perspectives. *Journal of Plant Physiology* 1719, pp. 656-669.

8. ANEXOS

8.1.TOMA DE DATOS EVOLUTIVOS

18/02/2016

FILA 8			
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	8	45	24,16,20
13	6	34	18,23,15
15	4	31	21,13,17
Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	3	20	17,18,19
4	1	7	19
7	3	14	19,13
FILA 7			
Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	4	21	11,17,16
13	3	29	17,14,15
14	4	25	12,13,17
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	4	22	17,11,15
5	3	18	21,14,15
6	1	8	13
FILA 6			
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	3	16	17,12,13

13	2	11	11,15
15	1	7	19
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	1	14	21
4	3	26	19,13,16
7	3	12	10,12,21
FILA 5			
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	3	19	12,15,17
12	3	14	14,19,14
15	2	15	20,10
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos
2	2	17	16,19
4	3	13	10,17
6	2	17	20,11
FILA 4			
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	3	15	13,17,13
13	3	14	14,10,10
15	1	14	19
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	1	8	19
4	3	30	13,19,15
6	2	13	17,12
FILA 3			
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos

9	2	12	9,17
13	3	20	17,14,15
15	2	14	11,21
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	2	19	11,19
3	1	17	21
6	2	9	19
FILA 2			
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	1	8	15
13	2	13	17,9
15	1	7	17
Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	2	10	10,19
3	1	9	17
6	3	13	10,15
FILA 1			
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos
9	2	10	19
13	4	22	17,14,15
15	1	10	17
Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos
1	2	10	12,18
3	2	13	15,15
6	3	15	17,11,14

10/03/2016

FILA 8				
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	10	61	23	3
13	9	59	24	3
15	10	60	22	2
Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	6	46	19	7
4	1	15	22	8
7	5	31	21	9
FILA 7				
Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	5	37	21	14
13	6	33	20	6
14	8	47	25	6
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	8	43	20	3
5	6	21	21	6
6	3	15	19	6
FILA 6				
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	6	36	23	10
13	5	25	21	6
15	2	19	19	7
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	2	26	21	6
4	6	44	21	10

7	4	24	22	7
FILA 5				
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	5	35	23	8
12	4	26	25	12
15	4	26	24	10
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
2	8	38	21	12
4	2	18	18	7
6	5	30	21	11
FILA 4				
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	8	35	21	8
13	5	20	19	6
15	4	22	20	7
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	4	23	21	5
4	7	51	24	1
6	5	28	19	4
FILA 3				
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	6	26	19	10
13	5	29	21	5
15	6	21	23	7
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	5	33	19	10

3	4	34	22	4
6	5	24	19	8
FILA 2				
Tratamiento 1	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	1	9	21	7
13	5	21	23	5
15	3	3	11	3
Tratamiento 3	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	3	18	23	7
3	3	13	20	10
6	5	25	19	15
FILA 1				
Tratamiento 5	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	4	19	21	11
13	9	38	24	4
15	2	17	21	3
Tratamiento 7	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	5	23	20	9
3	3	26	21	6
6	5	26	23	6

1/04/2016

FILA 8				
Tratamiento 8	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	16	90	23	16
13	9	73	27	15
15	12	91	25	11

Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	11	73	27	11
4	7	45	22	8
7	8	78	25	13
FILA 7				
Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	10	93	25	19
13	8	52	23	2
14	11	74	27	6
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	12	82	22	12
5	7	53	22	6
6	5	26	21	5
FILA 6				
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	9	79	25	12
13	5	56	22	12
15	3	44	23	9
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	3	53	25	13
4	6	83	25	13
7	7	53	23	8
FILA 5				
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	8	75	25	11
12	6	45	23	14

15	6	57	23	13
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
2	7	71	25	17
4	3	23	23	10
6	6	36	21	8
FILA 4				
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	12	75	23	13
13	7	46	23	11
15	7	44	23	12
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	8	44	21	11
4	11	58	23	17
6	12	61	23	8
FILA 3				
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	7	50	19	10
13	11	45	25	6
15	6	65	25	8
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	8	77	24	14
3	7	54	27	3
6	6	48	25	11
FILA 2				
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	2	14	24	7

13	6	40	24	8
15	2	6	10	1
Tratamiento 3	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	3	36	23	8
3	4	27	23	10
6	7	40	23	12
FILA 1				
Tratamiento 5	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
9	5	37	24	9
13	6	62	25	11
15	7	52	23	10
Tratamiento 7	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas
1	5	32	24	10
3	6	45	23	8
6	7	61	24	10

21/04/2016

FILA 8					
Tratamiento 8	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	14	134	25	11	10
13	10	110	25	9	8
15	11	124	25	15	7
Tratamiento 3	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	11	77	25	8	1
4	8	90	23	9	0
7	9	99	27	24	1
FILA 7					

Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	16	103	25	12	1
13	9	81	24	12	0
14	12	97	27	12	0
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	15	132	23	12	0
5	9	90	25	16	0
6	6	43	23	6	0
FILA 6					
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	12	106	25	11	0
13	9	89	23	15	0
15	4	54	25	8	0
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	3	65	23	21	0
4	8	100	24	10	2
7	6	66	25	9	1
FILA 5					
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	10	90	26	10	0
12	6	83	25	15	3
15	6	70	25	9	0
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
2	10	78	25	12	0
4	3	34	23	8	1
6	6	43	21	todas	0

FILA 4					
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	10	64	23	16	3
13	7	77	23	13	3
15	6	75	23	13	3
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	6	79	21	11	5
4	7	85	27	10	2
6	9	78	27	7	5
FILA 3					
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	10	56	23	13	2
13	7	61	25	7	2
15	9	72	23	9	2
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	11	84	25	17	0
3	10	69	25	6	0
6	8	63	21	12	0
FILA 2					
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	3	38	23	8	0
13	5	46	21	7	2
15	2	7	13	0	0
Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	5	57	23	9	0
3	4	49	23	14	0

6	7	60	24	12	2
FILA 1					
Tratamiento 5	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
9	6	64	25	12	0
13	14	82	27	10	0
15	6	43	27	3	0
Tratamiento 7	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores
1	9	54	25	12	0
3	12	72	23	13	2
6	14	81	21	13	0

12/02/2016

FILA 8							
Tratamiento 8	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	16	más 100	25	0	5	0	25
13	19	más 100	27	11	6	1	29
15	14	más 100	23	4	4	1	59
Tratamiento 3	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	12	más 100	27	5	0	0	0
4	12	92	23	13	1	0	0
7	12	mas 100	27	26	3	1	18
FILA 7							
Tratamiento 7	Tallos	N° hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	16	más 100	27	8	0	0	7
13	12	más 100	27	10	0	0	0

14	14	más 100	27	2	1	1	0
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	15	más 100	25	8	3	1	0
5	17	más 100	25	8	2	1	0
6	7	55	24	2	2	0	0
FILA 6							
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	19	más 100	25	7	0	0	0
13	17	más 100	25	16	0	0	0
15	9	más 100	25	9	2	0	0
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	7	70	25	13	0	0	0
4	12	más 100	25	8	0	0	0
7	9	70	25	12	1	0	0
FILA 5							
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	12	más 100	25	8	0	0	0
12	13	más 100	25	13	0	0	20
15	14	94	27	4	7	2	25
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
2	13	más 100	25	11	4	1	3
4	10	78	25	16	0	0	0
6	5	42	17	todas	0	0	0
FILA 4							

Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
4							
9	14	más 100	23	12	0	0	20
13	11	más 100	25	17	1	0	29
15	15	más 100	23	8	0	0	25
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
8							
1	10	más 100	23	10	5	2	0
4	11	más 100	27	6	0	0	0
6	8	más 100	25	7	0	0	24
FILA 3							
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
4							
9	6	más 100	25	todas y quemadas	0	0	7
13	14	más 100	25	10	0	0	0
15	13	más 100	25	9	0	0	18
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
2							
1	10	más 100	25	14	0	0	0
3	9	74	25	6	0	0	0
6	10	80	25	14	1	1	0
FILA 2							
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1							
9	3	36	23	7	1	0	0
13	6	44	25	todas	1	0	0
15	2	7	16	2	0	0	0
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas	Flores	Inflorescencias	Frutos

3				cloró			cuajados
1	6	más 100	23	11	0	0	0
3	5	72	23	15	0	0	0
6	6	70	23	10	0	0	18
FILA 1							
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
5							
9	10	más 100	25	16	4	0	10
13	13	más 100	27	8	0	0	0
15	7	más 100	27	4	4	1	0
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
7							
1	12	más 100	27	6	0	0	0
3	7	más 100	23	11	0	0	27
6	12	más 100	25	5	1	0	0

26/05/16

FILA 8							
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
8							
9	20	más 100	27	10	0	0	31
13	24	más 100	27	19	0	0	36
15	16	más 100	27	19	0	0	0
Tratamiento	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
3							
1	16	más 100	27	20	0	0	0
4	13	más 100	25	22	0	0	6
7	15	más 100	25	26	0	0	35
FILA 7							

Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	28	más 100	27	18	0	0	7
13	18	más 100	25	16	0	0	0
14	19	más 100	25	23	0	0	0
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	22	más 100	25	14	0	0	0
5	21	más 100	27	16	0	0	6
6	16	más 100	27	6	0	0	36
FILA 6							
Tratamiento 6	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloróticas	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	13	más 100	27	15	0	0	0
13	17	más 100	27	17	0	0	0
15	11	más 100	25	12	0	0	6
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	6	67	23	8	0	0	0
4	12	más 100	27	22	0	0	4
7	12	81	25	15	0	0	0
FILA 5							
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	14	más 100	23	18	0	0	0
12	11	más 100	25	17	0	0	20
15	13	más 100	23	14	0	0	44
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados

2	15	más 100	25	16	0	0	15
4	8	92	25	13	0	0	5
6	7	18	15	8	0	0	0
FILA 4							
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	22	más 100	25	26	0	0	11
13	14	más 100	25	19	0	0	34
15	14	más 100	25	19	0	0	30
Tratamiento 8	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	11	más 100	23	18	0	0	5
4	14	más 100	27	16	0	0	0
6	18	más 100	25	12	0	0	52
FILA 3							
Tratamiento 4	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	10	más 100	25	25	0	0	6
13	14	más 100	25	15	0	0	1
15	12	más 100	27	22	0	0	9
Tratamiento 2	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	9	más 100	23	18	0	0	0
3	12	más 100	27	8	0	1	0
6	10	más 100	23	5	0	0	8
FILA 2							
Tratamiento 1	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	3	40	27	7	0	0	0

13	6	19	23	todas	0	0	2
15	2	8	15	0	0	0	0
Tratamiento 3	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	8	más 100	27	12	0	0	0
3	10	50	25	13	0	0	0
6	10	más 100	25	11	0	0	22
FILA 1							
Tratamiento 5	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
9	11	más 100	25	18	0	0	26
13	13	más 100	27	21	0	0	0
15	13	más 100	27	8	0	0	0
Tratamiento 7	Tallos	Nº hojas	Foliolos	Hojas cloró	Flores	Inflorescencias	Frutos cuajados
1	10	más 100	25	13	0	0	0
3	12	más 100	27	16	0	0	38
6	11	más 100	27	19	0	0	19

8.2.TOMA DE DATOS FINALES

PESOS SECOS

			MEDIA	DESVIACIÓN
T1	1	40	32,60	6,19
	2	33		
	3	25		
	4	37		
	5	28		

T2	1	46	42,60	9,21
	2	56		
	3	43		
	4	34		
	5	34		
T3	1	42	47,00	11,05
	2	49		
	3	64		
	4	46		
	5	34		
T4	1	60	58,20	5,85
	2	54		
	3	51		
	4	60		
	5	66		
T5	1	69	59,40	8,79
	2	64		
	3	47		
	4	54		
	5	63		
T6	1	58	56,80	5,81
	2	56		
	3	53		
	4	66		
	5	51		
T7	1	55	61,40	5,86

	2	55		
	3	65		
	4	66		
	5	66		
T8	1	66	68,20	3,77
	2	74		
	3	65		
	4	70		
	5	66		

PORCENTAJES RAÍCES

		MACETAS				
Tratamiento	1	1	2	3	4	5
CARAS	1	51,74	45,33	47,75	53,44	51,23
	2	48,01	30,22	38,96	54,21	38,5
	3	50,72	37,51	37,44	53,31	26,35
	4	53,12	39,85	34,75	0	17,9
		MACETAS				
Tratamiento	2	1	2	3	4	5
CARAS	1	46,13	47,88	51,08	40,66	31,84
	2	49,58	38,82	43,46	46,19	35,97
	3	53,04	44,74	51,49	43,52	42,17
	4	53,17	39,77	46,05	36,82	36,18

		MACETAS				
Tratamiento	3	1	2	3	4	5
CARAS	1	50,77	50,84	54,26	46,37	25,76
	2	47,38	48,89	51	41,96	26,54
	3	46,82	51,56	49,67	41,68	37,03
	4	49,07	52,72	49,96	34,49	25,82

		MACETAS				
Tratamiento	4	1	2	3	4	5
CARAS	1	51,85	54,45	52,49	52,22	53,11
	2	0	48,26	56,43	47,39	56,29
	3	0	55,24	57,85	54,09	56,34
	4	0	53,14	53,74	51,64	52,82

		MACETAS				
Tratamiento	5	1	2	3	4	5
CARAS	1	43,56	54,11	56,8	55,78	57,89
	2	38,69	53,59	31,81	48,87	52,71
	3	41,07	52,23	31,5	48,13	61,37
	4	48,87	54,59	47,98	55,44	51,15

		MACETAS				
Tratamiento	6	1	2	3	4	5
CARAS	1	45,96	53,26	38,66	55,75	42,19
	2	41,52	41,21	31,26	51,92	48,68
	3	51,45	45,29	34,91	60,83	49,07
	4	43,93	41,97	37,41	58,42	53,55

		MACETAS				
Tratamiento	7	1	2	3	4	5
CARAS	1	53	59,56	46,25	56,92	44,78
	2	44,51	57,35	45,21	49,16	44,63
	3	52,1	57,71	40,42	52,54	47,32
	4	45,61	56,94	55,7	51,54	50,35

		MACETAS				
Tratamiento	8	1	2	3	4	5
CARAS	1	52,72	52,55	47,52	54,94	55,9
	2	42,9	58,4	26,07	42,35	52,36
	3	54,14	58,4	53,49	54,27	59,56
	4	53,86	53,29	54,34	32,81	51,62

MEDIDAS GENERALES

1	TRATAMIENTO 1														
	CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	48,5	34,1	34,4	41,4	15,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	46,6	34,5	29,3	40,5	36,5										
3	43,6	31,1	31,7	42,5	35,2										
4	38	25,3	27,9	40,4	27,5										
5	39,6	23,9	19,3	39,3	27,4										
6	35,7	20,3	10,8	37,8	15,9										
7	30,8	17,7	10	37,1	16,9										
8	16	14,7	s	27,5	17										
9	3,4	12,7	s	s	20,7										
10	1,3	10,6		s	11,2										
11	s	8,9		s	9,6										
12	s	5,6		s	8,5										

13	s	s	s	2,9
14	s	s	s	4,6
15	s	s	s	s
16	s	s	s	s
17	s	s	s	s
18	s	s	s	s
19	s	s		
20	s			

2

TRATAMIENTO 2															
CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	61,6	62	63,6	38,9	58,5	6	0	2	3	0	48	0	7	26	0
2	60,5	72,1	68,1	54,9	61										
3	56,3	74,7	67,1	59,8	59,2										
4	55,5	74,6	69	60,5	57,9										
5	51,2	72,7	68,6	52,8	55,1										
6	50	73	66,8	51,6	46,9										
7	52,2	71,9	57	47,3	48,2										
8	50,4	59,7	56,9	46,6	49,1										
9	45,4	55,5	54,2	45,7	45,1										
10	26,9	50,9	52,1	44,8	43										
11	20,4	17,7	47,5	42,4	47,4										
12	14,4	27,5	36,8	39,9	33,6										
13	3,1	27,2	39,7	32,3	29										

14	14,6	8,4	31,6	27,1	32,1
15	12,7	s	25,7	20,9	21,4
16	s	s	22,6	12,2	23
17	s	s	5,7	9,9	s
18	s	s	8,4	s	s
19	s	s	s		

3

TRATAMIENTO 3															
CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	63,8	63,5	68,8	51	48,4	8	2	9	5	4	43	18	69	53	17
2	69,5	68,2	74,8	51,3	58,5										
3	71,8	72,7	73,1	68,8	53,8										
4	68,4	58,7	67,7	70,8	62										
5	58,1	58,4	60,3	71,1	53,2										
6	54	59,5	58,7	68	55,9										
7	50,1	55,5	41,1	59,3	38,5										
8	48,5	55,6	52,1	52,1	16,3										
9	46,1	51		40,6	20,5										
10	14,6	43,6	15,9	37,8	9,7										
11	23,6	42,5	7,3	26,9	31,3										
12	8	18,7	s	28,3	6,2										
13	5,1	20,2	s	5,8	5,2										

14	6,7	7,8	s	12,6	s
15	s	s	s	4,4	s
16	s	s	s	10,9	s
17		s		6,6	s
18		s		s	s
19				s	s
20				s	
21				s	
22				s	
23				s	
24				s	

4

TRATAMIENTO 4															
CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	69,5	61,7	75,9	56,8	76	4	0	2	0	0	42	0	18	0	0
2	69,2	77,6	72,4	65,9	77,8										
3	67,3	72,9	71,7	75,3	75,3										
4	65,7	69,9	64,9	62,3	65,3										
5	64,6	70,2	65,2	73,7	61,7										
6	59,2	61,2	63,2	72	66										
7	51,3	59	62,8	71	62,9										
8	46,5	56,9	59,6	70,1	60,9										
9	43,3	53,5	53,3	62,2	52,1										
10	38,3	48,6	46,1	58,9	51,4										
11	32,1	49	37,8	39,6	39,1										
12	13,7	24,1	29,3	27	11,3										
13	2,6	22,8	12,2	25,9	11,5										

14	3,2	4,4	1,3	9,1	3,1
15	2	s	1,8	s	s
16	s	s	s	s	s
17	s	s	s	s	s
18	s	s	s	s	s
19	s	s	s	s	s
20		s		s	s
21		s		s	
22				s	
23				s	

5	TRATAMIENTO 5														
	CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	51,8	54,9	63,8	62,8	63,9	7	1	1	2	3	64	3	12	10	23
2	74,6	75,2	68	63,8	75,3										
3	74,2	69,9	67,3	70,1	68,9										
4	72,3	73,9	70,6	70,5	67,9										
5	71,2	71,3	55,4	73,9	61,8										
6	66,9	67,4	60,8	68,6	62,1										
7	60,8	62,4	59,7	62,5	61,4										
8	60,2	60	47,4	58,5	54,2										
9	40,6	42,3	38,3	53,8	52,4										
10	25,7	34,9	28,5	53,5	51,8										
11	21,4	10,4	6,5	26	39,6										
12	10,8	3	10,5	27,4	21,1										
13	s	s	4,3	7,8	6,3										

14	s	s	4,4	s	8,1
15	s	s	s	s	5,3
16	s	s	s	s	s
17	s	s	s	s	s
18	s	s	s	s	s
19		s	s	s	s
20		s	s	s	
21				s	

6

TRATAMIENTO 6															
CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	74,3	65	59,4	65,8	68,9	2	4	3	1	0	16	35	34	8	0
2	76,8	67,5	73,2	75,7	79,4										
3	80,3	72,8	74,7	78,2	76,1										
4	62,6	69,9	75	75	73,8										
5	75	58,4	73,5	69,9	73,9										
6	68,2	63,2	70,8	68,2	72,6										
7	65,5	49,7	69,2	67,5	65,6										
8	61,6	27,7	67,8	63,3	63,7										
9	51,5	15,9	66,7	60,5	62,1										
10	40	11,7	54,6	37,1	51,9										
11	27,4	s	49,3	37,5	41,9										
12	8,5	s	27,3	17	43,7										
13	s	s	25,3	13,6	25,1										

14	s	s	7,4	10,6	19,5
15	s	s	5,7	s	2,9
16	s		s	s	s
17	s		s	s	s
18	s		s		s
19	s		s		s
20			s		s
21			s		s

		TRATAMIENTO 7														
7		CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	1	56,8	51,2	73,2	51,8	69,6	2	5	3	0	1	11	42	20	0	1
	2	71,4	75,7	75	75,4	77,9										
	3	76,4	73,9	64,7	71,4	71,4										
	4	76,4	74	73,9	59,4	76,6										
	5	75,8	69,6	66,6	60,5	72										
	6	73	65,1	71,8	66,4	69,4										
	7	67,2	59,7	66,1	60,2	61,8										
	8	65,2	50,3	59,7	39,7	56,4										
	9	64,1	57	59	35,7	22										
	10	53,4	45,9	31	17,8	20,7										
	11	36,2	35,1	48,8	18,2	8,1										
	12	44,7	37,1	17,4	7	s										
	13	21,4	11,7	13	s	s										

14	10,1	11	9,1	s	s
15	s	s	s	s	s
16	s	s	s	s	s
17		s	s		s
18		s	s		s
19			s		s
20			s		

8

TRATAMIENTO 8															
CLOROFILA					INFLORESCENCIAS					FRUTOS					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	54,8	45,1	73,3	70,5	57,9	7	8	5	1	19	56	42	30	3	5
2	70,3	71,3	74,1	71,3	68,8										
3	67,3	70	63,8	72,2	66,4										
4	73,7	66,8	68,6	75	75,5										
5	66	69,2	67,4	63,7	72,3										
6	69,6	59,9	47	68,3	65,3										
7	61,4	61,5	62,4	58,2	60,6										
8	51,9	56,3	56,4	41,4	60,5										
9	52,3	39,6	33,5	57	56,3										
10	30,7	44,4	24	54,8	25,3										
11	8,6	4	15	40,9	16,1										
12	14,2	s	6,9	39,8	26,5										
13	11,8	s	12,7	7,7	11,3										

14	s	s	14,4	7,2	6,7
15			5,6	3,7	s
16			s	s	s
17			s	s	s
18			s	s	
19			s	s	
20			s	s	