



Agrociencia

ISSN: 1405-3195

agrocien@colpos.mx

Colegio de Postgraduados

México

Cetina Alcalá, Víctor Manuel; González Hernández, Víctor A.; Ortega Delgado, Ma. Luisa; Vargas Hernández, Jesús; Villegas Monter, Ángel

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN CAMPO DE *Pinus greggii* ENGELM. PREVIAMENTE
SOMETIDO A PODAS O SEQUÍA EN VIVERO

Agrociencia, vol. 36, núm. 2, marzo-abril, 2002, pp. 233-241

Colegio de Postgraduados

Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236210>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN CAMPO DE *Pinus greggii* ENGELM. PREVIAMENTE SOMETIDO A PODAS O SEQUÍA EN VIVERO

PLANT SURVIVAL AND GROWTH IN FIELD CONDITIONS OF *Pinus greggii* ENGELM. PREVIOUSLY SUBMITTED TO PRUNNING OR DROUGHT STRESS IN NURSERY

Victor M. Cetina-Alcalá¹, Victor A. González-Hernández², María L. Ortega-Delgado³, Jesús Vargas-Hernández¹ y Ángel Villegas-Monter⁴

¹Especialidad Forestal, (vicmac@colpos.colpos.mx) y en ³Botánica. Instituto de Recursos Naturales.

²Especialidad de Fisiología Vegetal y de ⁴Fruticultura. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Texcoco. Estado de México.

Resumen

La calidad de planta producida en vivero debe comprobarse con base en su desarrollo inicial y supervivencia en campo. En el presente estudio se evaluó el efecto de tres intensidades de poda de raíz (0, 25 y 50% de su longitud total), y tallo (0, 25 y 50% de la parte del follaje) y tres niveles de humedad en el suelo (riego cada 2, 14 y 28 días, equivalentes a -0.03 , -1.23 y -2.53 MPa) aplicados en vivero, en plántulas de *Pinus greggii*. Después de doce meses de desarrollo en vivero, las plántulas fueron trasplantadas en dos localidades de campo, contrastantes en altitud, tipo de suelo y humedad disponible. La respuesta al trasplante y a las condiciones de campo se evaluó mediante el registro mensual, durante diez meses; de supervivencia, crecimiento en peso seco, tasa instantánea de asimilación neta de CO_2 y contenidos de carbohidratos solubles y de almidón en el cuello. De los tratamientos aplicados en vivero la poda de raíz no afectó el comportamiento en campo de *P. greggii*, mientras que la poda del tallo estimuló ($p \leq 0.10$) el crecimiento y la tasa instantánea de asimilación neta de CO_2 en campo, particularmente con la poda a 50%. La sequía impuesta en vivero redujo notoriamente todas las características descritas e incrementó la mortandad de plantas en campo. Se concluye que la poda de tallo a 50% mejora el desarrollo de las plantas de *Pinus greggii* en condiciones de campo, aun cuando las plantas sean expuestas a períodos de sequía.

Palabras clave: *Pinus greggii*, contenido de carbohidratos, humedad en el suelo, supervivencia, tasa instantánea de asimilación neta de CO_2 .

INTRODUCCIÓN

La reforestación requiere plantas de calidad para incrementar la supervivencia y el desarrollo en campo. Una prueba para verificar la calidad de la planta producida en vivero es su respuesta en campo, la cual depende, básicamente, de los atributos genéticos y de los adquiridos a través del manejo en el vivero (Duryea, 1985). Sutinen *et al.* (1992) consideran la supervivencia como la principal prueba de calidad; sin embargo, hay

ABSTRACT

Quality of seedling produced in a nursery should be finally assessed by their survival and growth performance under field conditions. Three cultural practices commonly used in forest nurseries: root pruning (0, 25 and 50% of its total length), top pruning (0, 25 and 50% of the shoot) and control of soil moisture (watering every 2, 14 and 28 days, equivalent to -0.03 , -1.23 and -2.53 Mpa) were applied to *Pinus greggii* seedlings growing in nursery during twelve months. Seedlings were then transplanted to two field locations contrasting in altitude, soil type and available moisture. Seedling field performance was evaluated by recording seedling survival and biomass, instantaneous net CO_2 assimilation rate, and carbohydrate content in the root collar during a ten-months period. Root pruning applied at the nursery did not affect *P. greggii* field performance while top pruning improved ($p=0.10$) seedling growth and CO_2 net assimilation rate in both field trials, particularly with 50% top pruning. Drought stress applied at the nursery induced a notorious reduction in all those traits and increased plant mortality under field conditions. It is concluded that 50% shoot removal improves the development of *P. greggii* plants and their field performance, even when they are exposed to seasonal drought stress.

Key words: *Pinus greggii*, carbohydrate content, soil humidity, pruning, survival, instantaneous assimilation rate of CO_2 .

INTRODUCTION

Reforestation requires quality seedlings that guarantee survival and growth in the field. Nursery seedlings commonly undergo tests to verify its quality, in the form of field performance. This performance depends on the genetic makeup and on nursery acquired traits (Duryea, 1985). Sutinen *et al.* (1992) consider survival as the main quality test; however, other traits are used as quality indicators, such as carbohydrate content (Tschaplinski and Terence, 1994), photosynthesis rate (Livingston *et al.*, 1994), balance of endogenous plant growth regulators (Stabel *et al.*, 1991), as well as seedling height, stem diameter and seedling vigor in the field (Ritchie, 1984). Both morphological

Recibido: Abril, 2000. Aprobado: Febrero, 2002.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 36: 233-241. 2002.

criterios adicionales de calidad como el contenido de carbohidratos (Tscharplinski y Terence, 1994), tasa de fotosíntesis (Livingston *et al.*, 1994), adecuado balance de fitohormonas (Stabel *et al.*, 1991), así como altura de planta, diámetro de la base del tallo y el vigor de la planta en campo (Ritchie, 1984). En este estudio se evaluó la respuesta morfológica y fisiológica que presentó *Pinus greggii* a prácticas de manejo comunes en vivero, como son poda de raíz, poda de tallo y sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El trabajo de campo se hizo en dos localidades: El campo experimental Tecámac del Colegio de Postgraduados, ubicado en el Municipio de Tecámac, Estado de México, a 19° 43' N y 98° 53' O, con una altitud de 2260 m, temperatura media anual de 14.5 °C y precipitación pluvial promedio anual de 550 mm (Protimbos, 1987). El otro sitio fue la zona boscosa de San Pablo Ixayoc, municipio de Texcoco, Edo. de México, ubicado a 19° 35' N y 98° 47' O, con una altitud de 2800 m, temperatura y precipitación pluvial media anual de 14 °C y 1000 mm (Ortiz, 1986)⁵.

Material vegetal y manejo

En cada sitio de campo se trasplantaron 360 plantas de *P. greggii* de 18 meses de edad, distribuidas en un ensayo con nueve tratamientos, en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones integradas por 10 plantas cada una.

Estos nueve tratamientos se aplicaron en el vivero doce meses antes de la plantación en campo (Cetina, 1997)⁶. Consistieron en tres intensidades de poda a la raíz (0, 25 y 50%), tres regímenes de riego (cada 2, 14 y 28 días), y tres intensidades de poda al tallo (0, 25 y 50%). Los tratamientos de poda se hicieron una sola vez al inicio de la época de crecimiento (junio de 1994), cuando las plantas tenían seis meses de edad; los regímenes de riego empezaron en junio de 1994 y continuaron hasta junio de 1995, poco antes de su trasplante en campo. El comportamiento en campo después del trasplante se evaluó de julio de 1995 a abril de 1996.

La preparación del terreno y el manejo y cuidado de las plantas en campo fueron semejantes para todos los tratamientos y ambas localidades. El terreno se preparó con un paso de rastra de discos 15 días antes de la plantación; el trasplante a campo se hizo en las dos primeras semanas de junio, con la técnica de cepellón completo. Se hicieron dos deshierbes, uno con maquinaria, antes de la plantación, y el segundo (manual) en febrero. En Tecámac se aplicó riego cada 15 días a partir de diciembre, mientras en San Pablo Ixayoc no se regó durante todo el experimento.

and physiological responses of *Pinus greggii* seedlings to common cultural practices in the nursery, such as root pruning, top pruning and drought conditioning, were evaluated in this study.

MATERIALS AND METHODS

Locations of field trials

Two locations were used for field trials, the Tecámac Experimental Field Station of the Colegio de Postgraduados and the San Pablo Ixayoc forest zone. The Tecámac Experimental Field Station is located in the Tecámac Municipality, state of Mexico, at 19° 43' N and 98° 53' O, 2260 m of altitude, with a mean annual temperature of 14.5 °C and a 550 mm mean annual rainfall (Protimbos, 1987). The San Pablo Ixayoc forest zone belongs to the Texcoco Municipality, state of México and is located at 19° 35' N and 98° 47' O, 2800 m of altitude and mean annual temperature and rainfall of 14 °C and 1000 mm (Ortiz, 1986)⁵.

Seedling material and cultural practices

At each field location, 360 *P. greggii* seedlings, 18-months old, were transplanted and distributed into nine treatments, in a completely randomized experimental design with four replications, each with 10 seedlings. The nine treatments were applied in the nursery, twelve months before field transplant (Cetina, 1997)⁶. The treatments were three root pruning intensities (0, 25 and 50%), three watering schedules (every 2, 14 and 28 days) and three top pruning intensities (0, 25 and 50% of shoot). Pruning treatments took place only once on six-month-old plants, at the beginning of the growing season (June 1994). Watering treatments began in June 1994 and continued until June 1995, just before field planting. From July 1995 to April 1996, after transplant, field performance was assessed.

Site preparation, as well as seedling care and handling before and after planting, were similar for all treatments and both locations. Site preparation included a mechanical plowing two weeks before planting. Seedlings were carefully planted during the first two weeks of June, without removing the growing substrate. Weed removal was done twice, a mechanical one just before planting, and a manual one in February. The field trial at Tecámac was watered every 15 days from December until the end of the evaluation period, while the field trial at San Pablo Ixayoc was not irrigated at all.

Field performance traits

From June 1995 to April 1996, every four weeks, the number of dead seedlings in each plot was counted and instantaneous net CO₂ assimilation (photosynthesis) of the whole shoot was registered between 11 and 13 h with the syringe method (Clegg *et al.*, 1978).

⁵ Ortiz S., M. M. 1986. Evaluación de la velocidad de desertificación en la cuenca del río Texcoco (efecto de la tecnología aplicada, inversiones y factor humano). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. 310 p.

⁶ Cetina A., V. M. 1997. Tres tipos de manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelm. y su efecto en la calidad de planta. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 73 p.

Variables evaluadas en el campo

Durante un periodo de once meses (junio de 1995 - abril de 1996), cada cuatro semanas se contó el número de plantas muertas en cada parcela, y en 10 plantas por parcela se registró la tasa instantánea de asimilación neta de CO₂ (fotosíntesis) del follaje completo, entre las 11 y 13 horas, mediante el método de jeringas (Clegg *et al.*, 1978). Para la fotosíntesis se usó una cámara de asimilación de 3.47 dm³, diseñada en el Laboratorio de Fisiotecnía Vegetal del IREGEP, del Colegio de Postgraduados, para contener el follaje completo de plantas pequeñas de pino (Flores, 1996)⁷; del interior de la cámara que contenía cada planta a medir se tomaron dos muestras de aire de 10 mL, con un intervalo de 2 min entre ellas, y se determinó sus concentraciones de CO₂ en un aparato LI-6200 (LICOR, Inc. Lincon. NE, EE.UU.), lo que permitió calcular la tasa de asimilación neta de CO₂. El área foliar del follaje se determinó con un método diseñado y validado para este fin, basado en el volumen aparente de la copa. El procedimiento completo es detallado por Cetina y González (1998). En esas mismas plantas se midió la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente, con un sensor cuántico LI140S (LICOR, Inc. Lincon. LI-1600-1 NE, EE.UU.) unido a un porómetro.

El peso seco y el contenido de carbohidratos se evaluaron en 10 plantas por tratamiento y por localidad, en dos ocasiones, un mes después de la plantación (julio de 1995), y diez meses después (abril de 1996). El peso seco (g) de la parte aérea, de la raíz y total se obtuvo después de secar el material vegetal en un horno eléctrico con circulación de aire a 70 °C por 72 h; dicho peso fue determinado en una balanza eléctrica (Sartorius H51) con precisión de 1 mg. El contenido de carbohidratos solubles (mg/g ps) en el cuello de la planta, se determinó por el método colorimétrico de antrona; para almidón el precipitado se hidrolizó con la enzima α -amilasa (Sigma) (Peña y Ortega, 1991), luego se clarificó con un procedimiento modificado para este trabajo por Cetina (1997)⁶, y finalmente se aplicó el método de antrona para cuantificar su contenido (mg/g ps) con base en su equivalente de glucosa.

También se midió el potencial hídrico del suelo cada cuatro semanas, en dos muestras tomadas de 0 a 20 cm de profundidad. Las dos muestras se mezclaron y secaron en estufa, para determinar su contenido de humedad por el método gravimétrico. El potencial hídrico (MPa) se obtuvo mediante la curva de retención de humedad de cada suelo elaborada en el Laboratorio de Física de Suelos del IRENAT del Colegio de Postgraduados.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (diseño completamente al azar) a las variables antes mencionadas y, posteriormente, se compararon las medias mediante la diferencia mínima significativa ($p=0.10$).

The Crop Physiology Lab at IREGEP, Colegio de Postgraduados, purposely designed a 3.47 dm³ assimilation chamber to enclose all the shoot of small pine seedlings (Flores, 1996)⁷. From the chamber enclosing each seedling to be measured, two 10 mL air samples were taken two minutes apart. CO₂ concentration for each sample was determined in a LI-6200 IRGA (LICOR, Inc., Lincoln, Nebraska, U.S.), which in turn allowed net CO₂ assimilation rate calculation. Foliage area was estimated with a validated method using apparent volume canopy. The complete procedure is detailed by Cetina and González (1998). A LI-190S quantum sensor (LICOR, Inc., Lincoln, Nebraska, U.S.), attached to a LI-1600 Porometer, measured incident photosynthetically active radiation (PAR).

Ten seedlings per treatment and location were taken for biomass determination and carbohydrate content evaluation twice: a month after planting (July 1995) and ten months after (April 1996). Shoot, root and total biomass were obtained after drying the seedling material in an electric oven with air circulation at 70 °C for 72 h. A Sartorius precision balance (Model H51) was used to obtain dry weight with a 1 mg precision. Soluble carbohydrate content (mg/g dw) in the root collar required the use of the anthrone colorimetric method. Starch content was also determined after hydrolyzed with α -amylase (Sigma) (Peña y Ortega, 1991); the precipitate was clarified with a standard procedure modified by Cetina (1997)⁶ for this research. Finally, the anthrone method was applied to quantify starch content based on its glucose equivalents.

Soil water potential was also measured every four weeks, taking two soil samples from the upper (0 to 20 cm deep) layer. Both samples were mixed and oven-dried for moisture content determination by the gravimetric method. Using the moisture retention curve for each soil (Soil Physics Lab, IRENAT, Colegio de Postgraduados), soil matric potential (MPa) was obtained.

Statistical analysis

A variance analysis (completely randomized design) was applied to the variables under study. Treatment means were compared by the minimum significant difference ($p=0.10$).

RESULTS AND DISCUSSION

Seedling mortality

At the Tecámac field trial, control seedlings had the lowest accumulated mortality percentage (39.2%), 11 months after transplant, while the 25% root pruning treatment induced the greatest seedling mortality (57%) (Figure 1). Drought stressed plants also showed high mortality (48%), whilst top pruning treatments (25 and 50%) were similar to the control.

Soil matric potential at the Tecámac site, particularly in December before watering, was close to the permanent

⁷ Flores L., O. 1996. Efecto de la intensidad de la luz en el crecimiento y fotosíntesis de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus greggii* Engelm. Tesis de licenciatura División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 74 p.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de mortandad

En Tecámac, el testigo presentó la menor mortandad acumulada (39.2%) 11 meses después del trasplante, mientras que el tratamiento de poda de raíz a 25% aplicado en vivero consistentemente indujo la mayor mortandad (57%) (Figura 1). En las plantas previamente sometidas a sequía la mortandad también fue elevada (48%), y las de los tratamientos de poda de tallo (25 y 50%) fueron similares al testigo.

El potencial hídrico del suelo en Tecámac, principalmente en diciembre cuando aún no se regaba, presentó valores cercanos al punto de marchitez permanente (Cuadro 1); en este mes la mortandad aumentó más rápido en todos los tratamientos. Ello indica que ante condiciones de sequía prolongada, *P. greggii* tiene pocas posibilidades de sobrevivir hasta la próxima temporada de lluvias.

En San Pablo Ixayoc, situado en un medio forestal natural, la mayor mortandad (41%) la presentó el testigo (Figura 1) y la menor (22.1%) el tratamiento de 50% poda al tallo; los demás tratamientos presentaron un comportamiento intermedio. En este sitio considerado favorable, los tratamientos de poda al tallo fueron los más eficaces para lograr mejor supervivencia en campo. La tasa de mortandad en este ensayo aumentó a partir de diciembre, cuando se presentaron heladas e incluso una nevada. En San Pablo Ixayoc no hubo estrés por sequía, ya que los niveles hídricos del sustrato permanecieron por arriba del punto de marchitez permanente, como se observa en el Cuadro 1.

Acumulación de biomasa

En Tecámac el tratamiento de poda de raíz aplicado en vivero no superó al testigo en cuanto al crecimiento en peso seco total registrado en campo al final de los 11 meses, mientras que las podas de tallo de 25 y 50% superaron al testigo en 13 y 53% en acumulación de biomasa (Cuadro 2). El tratamiento de riego cada 14 días en vivero tampoco fue diferente al testigo en el incremento en peso seco obtenido en campo a los 11 meses, pero las plantas sometidas a riego cada 28 días en vivero, en campo crecieron 28% menos que el testigo, reducción que se atribuye al efecto de la sequía inducida en vivero con este tratamiento.

Las mismas tendencias se observaron en San Pablo Ixayoc, aunque en este sitio las ganancias con respecto al testigo fueron más notorias (Cuadro 2). Las plantas podadas previamente en la raíz presentaron una ligera pérdida comparada con el testigo, y las plantas previamente regadas cada 14 ó 28 días tuvieron menor peso final. La poda de tallo fue el mejor tratamiento, pues superó el

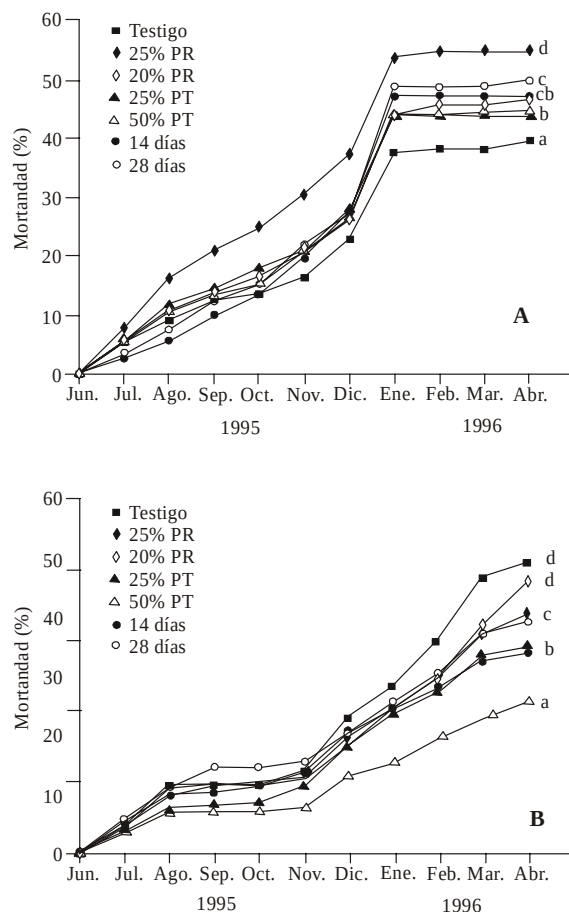


Figura 1. Mortandad acumulada de *Pinus greggii* plantado en campo, en función de diferentes tipos de manejo en vivero. A) Tecámac, B) San Pablo Ixayoc, México. PR = Poda de raíz; PT = Poda de tallo; 14 días = 14 días sin riego; 28 días = 28 días sin riego. Letras iguales indican valores estadísticamente no diferentes (DMS, 0.10) (n=10).

Figure 1. Accumulated mortality of *Pinus greggii* seedlings in the field, in response to different nursery cultural practices. A) Tecámac, B) San Pablo Ixayoc, México. PR = Root pruning; PT = Top pruning; 14 days = 14-days irrigation schedule; 28 days = 28-days irrigation schedule. Same letters indicates not statistically different values (DMS, 0.10) (n=10).

wilting point (Table 1); during this month, mortality rate increased faster in all treatments. This shows that *P. greggii* has low survival possibilities until the next rainy season under extended drought stress.

In San Pablo Ixayoc, a natural favorable forest environment, control seedlings had the highest mortality percentage (41%) (Figure 1); on the other hand, the 50% top pruning treatment had the lowest (22.1%). All other treatments presented an intermediate behavior. Top pruning treatments were more effective in achieving better field survival under this favorable environment. Mortality

Cuadro 1. Potenciales hídricos (MPa) mensuales del suelo en Tecámac y San Pablo Ixayoc, de junio de 1995 a abril de 1996 (n=5).
Table 1. Monthly soil matric potential (MPa) at Tecámac and San Pablo Ixayoc, from July 1995 to April 1996 (n=5).

Localidad	1995					1996				
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Tecámac	-0.12	-0.27	-0.35	-0.53	-0.93	-1.26	-0.47	-0.51	-0.33	-0.46
San Pablo	-0.09	-0.13	-0.38	-0.51	-0.61	-0.75	-0.42	-0.39	-0.52	-0.68

PMP Tecámac: 2.0

PMP San Pablo: 1.5

crecimiento del testigo en 39 y 91%, con los niveles 25 y 50% de poda. Se infiere, entonces, que la poda del tallo en vivero promovió el crecimiento en campo en las dos localidades.

Tasas instantáneas de asimilación neta de CO₂

En Tecámac, donde la precipitación pluvial promedio es 550 mm con una estación de secas bien definida, la tasa instantánea de asimilación neta de CO₂ registró una disminución durante el periodo en que se acentuó la sequía (octubre 1995-enero 1996), para luego mostrar recuperación (Figura 2) con la aplicación de riegos. En cambio, en San Pablo Ixayoc (Figura 3), donde la precipitación promedio anual es 1000 mm, no se manifestó esta respuesta porque el suelo contenía más humedad (Cuadro 1). Nuevamente la poda del tallo incrementó en mayor grado las tasas instantáneas de asimilación neta de CO₂, con aumentos de 25.1 y 32.0% en Tecámac (Figura 2) y de 6.9 y 15.4% en San Pablo (Figura 3), respecto al testigo, para los niveles 25 y 50% de poda.

Cetina (1997)⁶ demostró que este mismo tratamiento también promovió la tasa instantánea de asimilación de CO₂ más alta en vivero, en comparación con los otros tratamientos. Es decir, la poda al tallo estimuló la asimilación de CO₂ en *Pinus greggii* en el vivero y en el campo, aun cuando las condiciones no hayan sido favorables para el desarrollo, como en Tecámac.

La poda de raíz en vivero no modificó significativamente las tasas instantáneas de asimilación de CO₂ en campo, en relación con el testigo, a pesar de que en vivero sí mejoró la eficiencia fotosintética. Ello sugiere que el efecto de la poda de raíz en la fotosíntesis es menos persistente que en la poda al tallo. Más aún, en las dos localidades, las dos sequías aplicadas en vivero mediante regímenes de riego provocaron reducciones en la tasa instantánea de asimilación de CO₂ en campo, efecto que fue más notorio en Tecámac (Figura 2) que en San Pablo (Figura 3). En el vivero, antes del trasplante a campo, la menor tasa instantánea de asimilación neta de CO₂ también se registró en condiciones de sequía. (Cetina *et al.*, 2001).

rate at this site increased in December, with frost and even snow presence. The San Pablo Ixayoc site presented no stress' drought, because water content remained above the permanent wilting point, as shown in Table 1.

Biomass accumulation

In Tecámac, nursery-applied root pruning did not achieve better results compared to the control in total seedling biomass in the field, registered at the end of 11 months, while 25 and 50% top pruning improved biomass accumulation by 13 and 53%, respectively, as compared against the control (Table 2). The 14-days watering regime

Cuadro 2. Peso seco total de la planta al momento de la plantación (Inicial) y 11 meses después (Final) en *Pinus greggii* plantado en Tecámac y San Pablo Ixayoc, México. (n=10).

Table 2. Total biomass of *Pinus greggii* seedlings at the moment of planting (Initial) and 11 months after (Final), in Tecámac and San Pablo Ixayoc, Mexico, (n=10).

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia (%)
Tecámac			
Testigo	7.95 abc	16.46 cd	107.1
25% poda de raíz	6.93 bcd	13.91 cde	100.6
50% poda de raíz	6.61 bcd	11.79 d	78.3
25% poda de tallo	8.26 ab	18.23 bc	120.7
50% poda de tallo	10.32 a	26.89 a	160.5
14 días sin riego	5.05 d	10.74 e	112.6
28 días sin riego	5.26 cd	9.15 e	78.7
DMS (0.10)	2.73	4.89	-
San Pablo Ixayoc			
Testigo	7.61 ab	19.60 bc	157.3
25% poda de raíz	6.87 ab	15.35 cd	123.3
50% poda de raíz	7.04 ab	15.43 cd	119.1
25% poda de tallo	7.20 ab	21.40 b	197.0
50% poda de tallo	9.07 a	31.59 a	248.3
14 días sin riego	5.43 b	14.77 cd	172.1
28 días sin riego	5.33 b	12.46 d	133.7
DMS (0.10)	2.49	5.74	-

Letras iguales en una columna indican valores estadísticamente no diferentes (DMS, 0.10) ♦ Same letters in a column indicates statistically non different values (DMS, 0.10).

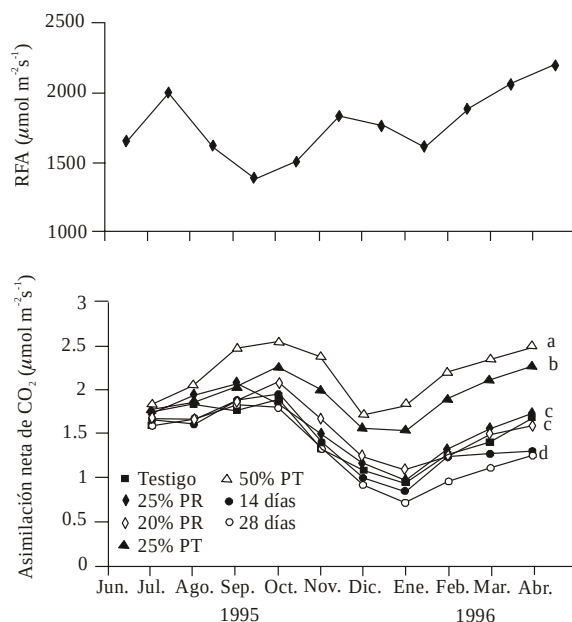


Figura 2. Tasas instantáneas de asimilación neta de CO_2 en *Pinus greggii* plantado en campo ($n=5$), en función de diferentes tipos de manejo en vivero, y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida ($n=35$). Tecámac, México. El trasplante se hizo en junio de 1995 y el último muestreo en abril de 1996; PR= Poda de raíz; PT= Poda de tallo; 14 días = 14 días sin riego; 28 días = 28 días sin riego. Letras iguales indican valores estadísticamente no diferentes (DMS, 0.10).

Figure 2. Net instantaneous CO_2 assimilation rate in *Pinus greggii* seedlings planted in the field ($n=5$), in relation to different cultural practices in the nursery and incident photosynthetically active radiation (PAR) ($n=35$). Tecámac, México. Transplanting was performed in June 1995, and the last sampling was done in April 1996; PR = Root pruning; PT = Top pruning; 14 days = 14-days irrigation schedule; 28 days = 28-days irrigation schedule. Same letters indicates not statistically different values (DMS, 0.10).

Algunas investigaciones en otras plantas han señalado resultados contrastantes. Por ejemplo, Troeng (1991) observó que después de dos meses de ocurrido un daño de 30% a la raíz, causado por exceso de minerales, se incrementó hasta en 24% la tasa instantánea de asimilación de CO_2 en plantas de dos años de edad de *Pinus sylvestris* y *Picea glauca*; mientras que Harper y Camm (1993) notaron una reducción de la tasa de fotosíntesis en especies del género *Picea* después de la aplicación de poda de raíz. Tschaplinski y Terence (1994) registraron un aumento de 18% en la tasa de fotosíntesis en respuesta a la poda de tallo en *Populus*; y con sequía, Eastman y Camm (1995) detectaron una disminución de 10% en la eficiencia fotosintética en un híbrido de dos años de edad de *Picea glauca* x *P. engelmannii*. En contraste, Abidine

in the nursery was not different to the control in biomass accumulation on the field after 11 months, but seedlings watered every 28 days in the nursery grew 28% less than the control treatment. Drought stress induced in the nursery is the possible cause.

The same trends were observed at the San Pablo Ixayoc site, but greater differences as compared to the control were obtained (Table 2). Root-pruned plants showed a slight loss in biomass accumulation relative to the control, while plants watered every 14 and 28 days also had lower final biomass. Top pruning was the best treatment, since it surpassed biomass of control seedlings by 39 and 91%, with the 25 and 50% pruning levels. It is inferred, then, that top pruning promoted seedling growth in both locations.

Instantaneous net CO_2 assimilation rates

Tecámac has a very well defined dry season, averaging 550 mm rainfall during the rainy season. Here, instantaneous net CO_2 assimilation rates were lower during the driest period (October 1995 to January 1996) and then recovered once watered (Table 2). However, in San Pablo Ixayoc (Figure 3) where mean annual rainfall is 1000 mm, assimilation rates did not show the same behavior because soil moisture was higher (Table 1). Again, top pruning increased net CO_2 instantaneous assimilation rate by 25.1 and 32.0% in Tecámac (Figure 2) and 6.9 and 15.4% in San Pablo (Figure 3) as compared to the control seedlings, respectively for the 25 and 50% pruning levels.

Cetina (1997) provided evidence that this same treatment resulted in the highest CO_2 instantaneous assimilation rate in the nursery, compared to the other treatments. That is, top pruning stimulated CO_2 assimilation in *Pinus greggii* in the nursery and in the field, even if the environmental conditions were not the optimal ones for seedling growth and survival, as in Tecámac.

Root pruning in the nursery did not modify markedly CO_2 instantaneous assimilation rates in the field, as compared to the control seedlings, even though this treatment did improve photosynthetic efficiency in the nursery. This suggests that root pruning effect on photosynthesis is less persistent than in top pruning. Furthermore, watering schedules in both locations triggered reductions in CO_2 instantaneous assimilation rates in the field, more notoriously in Tecámac (Figure 2) than in San Pablo (Figure 3). In the nursery, before field transplant, lower instantaneous CO_2 net assimilation rates were also registered as a result of the drought treatments (Cetina *et al.*, 2001).

Results in other tree species point out in different directions, though. For instance, Troeng (1991) observed

et al. (1994) observaron un aumento en la tasa de fotosíntesis en plantas de dos años de edad de *Picea nigra*, después de un tratamiento moderado de sequía.

Contenido de azúcares solubles y almidón

En Tecámac, las concentraciones de azúcares solubles totales y de almidón aumentaron durante el periodo de evaluación en campo, en todos los tratamientos (Cuadro 3). La mayor ganancia relativa en azúcares solubles se apreció en el testigo, y las menores, en los tratamientos que recibieron sequía en vivero. Es posible que en los tratamientos con las mayores tasas de crecimiento y la mayor ganancia en peso seco, las plantas hayan utilizado azúcares para la formación de nuevas estructuras más que para almacenamiento, como pudo ser el caso de los tratamientos de poda de tallo.

El contenido de almidón se comportó de manera semejante, ya que la menor acumulación de este carbohidrato se presentó en el tratamiento de 50% de poda aérea en vivero, que tuvo la mayor ganancia en las variables de crecimiento en campo.

Debe considerarse además que en el mes de abril, en el que se efectuó el último muestreo, es cuando las especies leñosas están por iniciar su crecimiento y hacen uso de las reservas que se encuentran principalmente en los ápices de tallo y raíz (Tschaplinski y Terence, 1994). Incluso en algunas especies leñosas, la primavera es la época de crecimiento de la raíz, según indica Rose (1992), en un estudio realizado con seis familias de *Pinus elliottii*, y Chomba *et al.* (1993) en *Picea engelmannii*.

En San Pablo Ixayoc las tendencias de los carbohidratos analizados fueron diferentes, puesto que en este sitio la poda aérea efectuada en vivero, en sus dos intensidades, fue la que mayor ganancia produjo en las sustancias de reserva de las plantas en campo (Cuadro 4); los tratamientos de sequía fueron los que produjeron las menores ganancias.

En los dos sitios hubo diferencias significativas en las concentraciones iniciales y finales de carbohidratos, lo cual enfatiza la importancia que tiene para la planta el acumular azúcares solubles y almidón durante su crecimiento inicial en campo, pues así disponen de más reservas para la supervivencia, especialmente en condiciones adversas.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren la conveniencia de evaluar el contenido de carbohidratos y almidón en otras partes de la planta, como follaje, raíces y yemas, ya que dicha información permitiría avanzar en el conocimiento de las causas fisiológicas asociadas con las respuestas a los tratamientos en vivero, así como generar criterios para obtener plantas de calidad; es decir, con mejor capacidad para crecer en el campo durante su primer año, que es el más crítico.

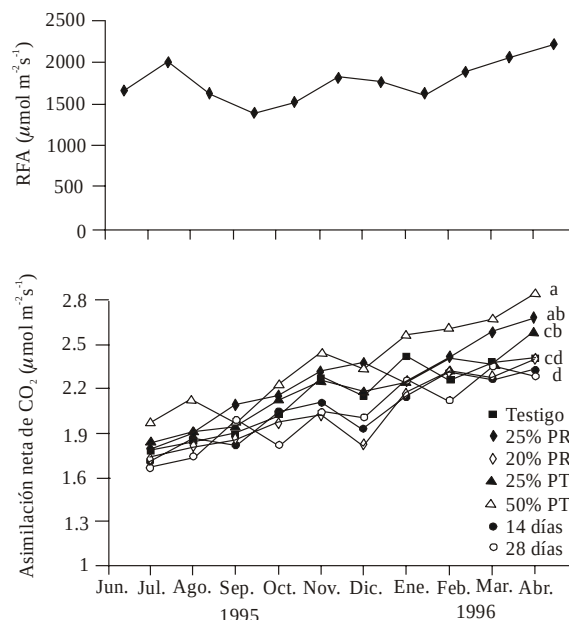


Figura 3. Tasas instantáneas de asimilación neta de CO_2 en *Pinus greggii* plantado en campo ($n=5$), en función de diferentes tipos de manejo en vivero, y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida ($n=35$). San Pablo Ixayoc, México. El trasplante se hizo en junio de 1995 y último muestreo en abril de 1996. PR= Poda de raíz; PT= Poda de tallo; 14 días = 14 días sin riego; 28 días = 28 días sin riego. Letras iguales indican valores estadísticamente no diferentes (DMS, 0.10).

Figure 3. Net instantaneous CO_2 assimilation rates in *Pinus greggii* seedlings planted in the field ($n=5$), in relation to different cultural practices in the nursery and incident photosynthetically active radiation (PAR) ($n=35$). San Pablo Ixayoc, Mexico. Transplanting was performed in June 1995, and the last sampling was done in April 1996; PR = Root pruning; PT = Top pruning; 14 days = 14-days irrigation schedule; 28 days = 28-days irrigation schedule. Same letters indicates not statistically different values (DMS, 0.10).

that two months after a 30% root damage occurred, because of excess minerals, instantaneous CO_2 assimilation rates increased by 24% in two-year-old *Pinus sylvestris* and *Picea glauca* seedlings. On the other hand, Harper and Camm (1993) noted lower photosynthesis rates in species of the genus *Picea* after root pruning. Tschaplinski and Terence (1994) registered an 18% increase in photosynthesis rate in response to top pruning in *Populus*; meanwhile, Eastman and Camm (1995) detected a 10% decrease in photosynthetic efficiency in a two-year-old hybrid of *Picea glauca* $\times$ *P. engelmannii*. In contrast, Abidine *et al.* (1994) detected an increase in photosynthesis rate in two-year-old *Picea nigra* seedlings, after a moderate drought treatment.

Cuadro 3. Contenido de azúcares solubles (AS) y almidón (Alm) al momento del transplante (inicial) y 10 meses después (final), en plantas de *Pinus greggii* plantadas en Tecamac, México. (n=10).**Table 3. Soluble sugar (AS) and starch (Alm) content at field planting (Initial) and 10 months after (Final) in *Pinus greggii* seedlings in Tecamac, Mexico. (n=10).**

Tratamiento	Contenido inicial (mg/g ps)		Contenido final (mg/g ps)			
	AS	Alm	AS	Ganancia (%)	Alm	Ganancia (%)
Testigo	217.57 d	8.51 ab	289.54 c	33.1	10.25 a	20.4
25PR	245.26 bc	8.38 ab	315.32 b	28.6	10.70 a	27.7
50 PR	238.19 cd	7.73 bc	309.51bc	29.9	9.64 ab	24.7
25 PT	250.83 b	7.16 cd	290.83 c	15.9	9.32 abc	30.2
50 PT	281.46 a	8.85 a	324.15 a	15.2	10.05 ab	13.6
14 Días	182.78 e	6.04 e	209.24 d	14.5	8.27 bc	36.9
28 Días	176.02 e	6.47 de	197.55 d	12.2	7.92 c	22.4
DMS (0.10)	17.21	1.04	20.47	-	1.87	-

Letras iguales en una columna indican valores no diferentes estadísticamente (DMS, 0.10) ♦ Same letters in a column indicates statistically non different values (DMS, 0.10).

PR= poda de raíz; PT= poda de tallo; 14 Días = 14 días sin riego; 28 Días = 28 días sin riego ♦ PR = Root pruning; PT = Top pruning; 14 days = 14-days irrigation schedule; 28 days = 28-days irrigation schedule.

Cuadro 4. Contenido de azúcares solubles (AS) y almidón(Alm) al momento del transplante (Inicial) y 10 meses después (Final), en plantas de *Pinus greggii* en San Pablo Ixayoc, México. (n=10).**Table 4. Soluble sugar (AS) and starch (Alm) content at field planting (Initial) and 10 months after (Final) in *Pinus greggii* seedlings in San Pablo Ixayoc, Mexico. (n=10).**

Tratamiento	Contenido inicial (mg/g ps)		Contenido final (mg/g ps)			
	AS	Alm	AS	Ganancia (%)	Alm	Ganancia (%)
Testigo	165.46 b	7.50 ab	203.52 d	23.0	8.99 ab	19.86
25 PR	170.57 b	7.17 ab	219.68 cd	28.8	8.87 ab	23.71
50 PR	179.87 a	6.19 b	226.84 bc	26.1	7.64 b	23.43
25 PT	168.53 b	8.04 a	233.81 ab	38.7	10.0 a	24.38
50 PT	187.34 a	6.94 ab	247.18 a	31.9	9.37 ab	35.01
14 Días	131.22 c	6.62 ab	172.42 c	31.4	8.03 ab	21.30
28 Días	138.54 c	6.29 b	165.58 c	19.5	7.36 b	17.01
DMS (0.10)	7.66	1.49	16.05	-	2.15	-

Letras iguales en una columna indican valores no diferentes estadísticamente (DMS, 0.10). ♦ Same letters in a column indicates statistically non different values (DMS, 0.10).

PR= poda de raíz; PT= poda de tallo; 14 Días = 14 días sin riego; 28 Días = 28 días sin riego ♦ PR = Root pruning; PT = Top pruning; 14 days = 14-days irrigation schedule; 28 days = 28-days irrigation schedule.

CONCLUSIONES

La poda de tallo en vivero, en comparación con el testigo, estimuló significativamente la eficiencia fisiológica y el crecimiento en campo de *P. greggii*, aunque no necesariamente la supervivencia de las plantas evaluadas durante once meses después del trasplante. La poda de raíz no tuvo efectos significativos con respecto al testigo en la mayoría de las características evaluadas. La sequía edáfica (-1.23 , -2.53 MPa) aplicada en vivero mediante suspensión del riego, produjo una disminución en campo tanto de los procesos fisiológicos como del crecimiento de *P. greggii*, por lo que no se le considera como una técnica recomendable para mejorar la calidad de planta producida en vivero.

Soluble sugars and starch content

In Tecamac, total soluble sugars and starch content increased during the evaluation period for all treatments (Table 3). The highest relative soluble sugar buildup was observed in the control seedlings, while the lower ones were in the drought-treated seedlings. It is possible that in treatments with the highest growth rate and biomass accumulation, the seedlings used sugars for new structures rather than for storage, as could happen in the top pruning treatments.

Starch content behaved similarly; since the lowest starch content occurred in the 50% top-pruned seedlings, which had the highest increment in growth variables in the field.

LITERATURA CITADA

- Abidine, A., Z., P. Y. Bernier, J. D. Stewart, and A. P. Plamondon. 1994. Water stress preconditioning of black spruce seedlings from lowland and upland sites. *Can. J. Botany* 72:1511-1518.
- Cetina A., V. M. y V. A. González H. 1998. Métodos para estimar el área foliar y la tasa de fotosíntesis neta en *Pinus greggii* Engelm. *In: Memorias del Primer Congreso Latinoamericano IUFRO*. Valdivia, Chile. 4: 123-127.
- Cetina A., V. M., M. L. Ortega D., V. A. González H., J. J. Vargas H., M. T. Colinas L. y A. Villegas M. 2001. Fotosíntesis y contenido de carbohidratos de *Pinus Greggii* Engelm. en respuesta a la poda y al régimen de riego en vivero. *Agrociencia* 35: 599-607.
- Clegg, M., D., C. Y. Sullivan, and J.D. Eastin. 1978. A sensitive technique for the rapid measurement of carbon dioxide concentration. *Plant Physiology* 62: 924-926.
- Chomba, B. M., D. G. Robert, and G. W. Harold. 1993. Carbohydrate reserve accumulation and depletion in *Engelmann spruce* (*Picea engelmannii* Parry): effects of cold storage and CO₂ enrichment. *Tree Physiol.* 13: 351-364.
- Duryea, M. L. (ed.) 1985. Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, Oregon. 141 p.
- Eastman, P. K. and E. L. Camm. 1995. Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: change in gas exchange and chlorophyll fluorescence. *Tree Physiol.* 15: 229-235.
- Harper, G. J. and E. L. Camm. 1993. Effects of frozen storage duration and soil temperature on the stomatal conductance and net photosynthesis of *Picea glauca* seedlings. *Can. J. For. Res.* 23: 2459-2466.
- Livingston, N. J., G. J. Davies, B. M. Eby, G. Filek, and E.E. Fuchs. 1994. A whole plant cuvette system to measure short-term responses of conifer seedlings to environmental change. *Tree Physiol.* 14: 759-768.
- Peña V., C. B. and M. L. Ortega D. 1991. Non-structural carbohydrate partitioning in *Phaseolus vulgaris* after vegetative growth. *J. Sci. Food Agric.* 55: 563-577.
- Protimbos. 1987. Carta Forestal del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de México. Toluca, México
- Ritchie, G. A. 1984. Assessing seedling quality. *In: Forest Nursery Manual* Forest Research Laboratory. Duryea, M. L. and T. D. Landis (eds.). Oregon State University. Corvallis, Oregon. pp: 243-259.
- Rose, R. 1992. Root growth potential and starch differences in seedlings of six families of genetically improved loblolly pine. *Forest Sci.* 38: 448-456.
- Stabel, P., A. Sundas, and P. Engstrom. 1991. Cytokinin treatment of embryos inhibits the synthesis of chloroplast proteins in Norway spruce. *Planta* 183: 520-527.
- Sutinen, M. L., J. P. Patta, and P. B. Reich. 1992. Seasonal differences in freezing stress resistance needles of *Pinus nigra* and *Pinus resinosa* evaluation of the electrolyte leakage method. *Tree Physiol.* 11: 241-245.
- Troeng, E. 1991. Photosynthesis and root respiration of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings after different root freezing and storage temperatures (a summary). *Scandinavian J. Forest Res.* 6: 53-58.
- Tschaplinski, J. T. and B. J. Terence. 1994. Carbohydrate mobilization following shoot defoliation and decapitation in hybrid poplar. *Tree Physiol.* 14: 141-151.

It must also be considered that on the month of April, when the last sampling took place, woody species normally start new shoot growth and make use of carbohydrate reserves located in the stem and root tips (Tschaplinski and Terence, 1994). Even in some temperate woody species root growth also occurs during the spring season, as shown by Rose (1992) in a study on six open-pollinated progenies of *Pinus elliottii* and by Chomba *et al.* (1993) in *Picea engelmannii*.

In San Pablo Ixayoc, analyzed carbohydrate trends were different. Both intensities of top pruning in the nursery produced the greatest increase in storage substances in the field seedlings (Table 4). Drought treatments produced lower gains.

In both sites, initial and final carbohydrate concentrations were significantly different, which emphasizes the importance of soluble sugar and starch accumulation during initial seedling growth in the field. On this conditions, survival is determined by the amount of reserves, particularly under adverse environment.

The results from this research suggest the need to evaluate carbohydrate and starch content in other parts of the plant, such as foliage, roots and buds, since this information would provide deeper knowledge of the physiological factors associated with seedling responses to nursery cultural practices. This would also help to find more seedling quality criteria, that is to say, with better capacity to grow in field during the critical first-year after planting.

CONCLUSIONS

Nursery-applied top pruning, as compared to control plants, significantly stimulated physiological efficiency and field growth of *P. greggii* seedlings, but not necessarily seedling survival during the eleven month period after planting. Root pruning did not have significant effects with respect to the control in most of the variables under study. Drought stress (–1.23, –2.53 MPa) in the nursery, produced by watering delay, caused reduction of physiological and growth processes in the field on *P. greggii* seedlings. Therefore, this cultural practice is not considered suitable to increase seedling quality in the nursery.

—End of the English version—

