

# VARIABILIDAD DEL POTENCIAL DE CRECIMIENTO RADICAL EN *QUERCUS ILEX*, *PINUS PINASTER* Y *P. NIGRA* SEGÚN LAS CONDICIONES DE REALIZACIÓN DEL TEST

Antonio D. del Campo García<sup>1</sup>, Javier Hermoso de Mena<sup>2</sup>, Milagros Jordá Robledo<sup>1</sup> y Rosa Granero Penadés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n 46022-VALENCIA (España). Correo electrónico: ancanga@dihma.upv.es

<sup>2</sup>Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. Generalitat Valenciana. c/Gregorio Gea 27. 46009-VALENCIA (España)

## Resumen

El PRR es uno de los atributos de calidad de planta más extendidos en la caracterización del potencial de respuesta de un lote de planta destinado a reforestación. No obstante, su determinación no está estandarizada por especies, por lo que, según las condiciones de realización del mismo, los resultados pueden ser variables para un mismo lote de planta. El objetivo de este trabajo es evaluar la variabilidad del crecimiento radical en las tres especies en condiciones controladas de cámara de cultivo durante 10 días o en un invernadero convencional durante 30 días. Para cada especie, el ensayo se realizó en dos lotes de distinta calidad, que fue caracterizada mediante atributos morfológicos y fisiológicos. Finalizado el test, se volvieron a realizar determinaciones de nutrientes y carbohidratos no estructurales sobre la planta ensayada para determinar la posible influencia de estas variables en la expresión del PRR. Los resultados indican que el crecimiento radical es mayor en el test de invernadero en encina y en el test de cámara de cultivo en pino laricio (*Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco). En el pino rodeno (*Pinus pinaster* Sol. in Aiton), ambos tests dieron valores similares para cada uno de los dos lote, permitiendo distinguir calidades independientemente del tipo de PRR, aunque las diferencias fueron más marcadas en el test realizado en cámara de cultivo. En la carrasca (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) los valores de PRR en cámara de cultivo fueron muy similares para ambos lotes, siendo el test de invernadero el que generó diferencias entre lotes. El lote que más raíz desarrolló fue el que mayor descenso tuvo en almidón radical en ambos tests, mientras que en pino rodeno los descensos fueron sobre todo en P y K. Estos resultados permiten, por un lado, optimizar el PRR según especies, y por otro, conocer su poder discriminatorio con diferentes calidades de planta.

Palabras clave: Calidad de planta, Nutrición, Crecimiento radical, Carbohidratos no estructurales, Cámara de cultivo, Invernadero

## INTRODUCCION

El potencial de regeneración radical o de crecimiento radical (PRR ó PCR) está considerado

como uno de los test de calidad de planta más fiables de cara a la evaluación del potencial de respuesta de una partida de planta comercial (RITCHIE & TANAKA, 1990; SAMPSON et al.,

1997). Es un tema ampliamente estudiado y ha sido objeto de varias revisiones extensivas (RITCHIE & DUNLAP, 1980; BURDETT, 1987; SIMPSON & RITCHIE, 1997). Según estos trabajos, la relación entre este test y la respuesta en campo está tan bien confirmada, que la ausencia de relaciones en algunos estudios sólo puede atribuirse a factores experimentales no controlados.

Bajo las condiciones de plantación que imperan en el mediterráneo español, este test es especialmente útil ya que su fiabilidad aumenta a medida que aumenta la adversidad de la estación (DEL CAMPO et al., 2007). No obstante, no existen criterios uniformes en las condiciones de realización del test, ni tampoco en la duración que debe tener el mismo, ni en las variables que se determinan, lo que hace que en la bibliografía existente los resultados en relación a la respuesta en campo a veces sean variables (OLIET et al., 2003; PARDOS et al., 2003).

Esta variabilidad impide definir rangos de PRR asociados a calidad de planta según especies y en consecuencia la implementación de controles de calidad estandarizados y válidos a nivel nacional. De este modo. El objetivo que se pretende en este trabajo es conocer la variabilidad del PRR cuando se realiza en dos condiciones ambientales marcadamente diferentes para tres especies (*Pinus nigra*, *Pinus pinaster* y *Quercus ilex*). Igualmente, se pretende conocer la capacidad del test para diferenciar lotes de diferente calidad morfológica y fisiológica en las tres especies y estudiar cuales han sido los cambios fisiológicos (nutrición y carbohidratos no estructurales) ocurridos en las plantas tras la realización del PRR.

## MATERIALES Y METODOS

Para la realización del ensayo se tomaron dos lotes de planta para cada una de las tres especies consideradas: *Pinus nigra*, *Pinus pinaster* y *Quercus ilex* subsp *ballota*. Este material vegetal fue cultivado en viveros comerciales de Valencia, Cuenca y Valladolid durante la campaña 2004 y trasladado a Valencia en Octubre para la realización del estudio. Los lotes fueron sometidos a un control de calidad al final que incluyó atributos materiales y de respuesta

(RITCHIE, 1984), del que se ha extraído la información recogida en la tabla 1. Los métodos empleados en la caracterización de los distintos atributos coinciden con los presentados en DEL CAMPO et al. (2007) ó DEL CAMPO et al. (2005).

El potencial de regeneración o crecimiento radical (PRR) se realizó en las instalaciones del vivero de Quart (Valencia) perteneciente a la Generalitat Valenciana. Se definieron dos condiciones para la realización del test, en invernadero convencional y en cámara de cultivo (IBERCEX, Valencia). El test de invernadero duró 31 días y comenzó el 28 de octubre de 2004. No se proveyó suplemento de luz y las condiciones ambientales son las resultantes de la ligera modificación del ambiente que tiene lugar en el invernadero (tabla 2). El test en cámara de cultivo comenzó el 8 de Noviembre de 2004 y duró solamente 10 días. Las condiciones ambientales fijadas se corresponden con las recomendadas por BURDETT (1979) (Tabla 2).

En cada test, un total de 15 plantas de cada lote constituyó la muestra (3 sp x 2 lotes x 2 test = 180 plantas en total). Las plantas fueron dispuestas en 12 cajones de 70 litros cada uno (cada cajón contenía una repetición de 5 plantas de tres lotes distintos) rellenos de perlita e irrigados a saturación durante toda la duración de los ensayos. Una vez concluidos éstos, las plantas fueron extraídas cuidadosamente y se cortaron las nuevas raíces que habían crecido en el medio de perlita. Para computar el PRR, se contaron las raíces mayores de un centímetro (PRR\_L > 1cm) y se computó la biomasa del total de raíces nuevas (PRR\_PS, g; peso seco a 65°C 24 horas).

El análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA de dos factores (lote y tipo de PRR), para contrastar las diferencias en los valores de PRR. Se comprobó el cumplimiento de las exigencias que requiere la prueba. Se empleó SPSS v12.

## RESULTADOS

Los valores obtenidos en las pruebas del PRR indicaron una gran variabilidad de acuerdo a la especie, el lote y las condiciones de realización del test (cámara de cultivo o invernadero) tal y como puede apreciarse en la figura 1. Las dos variables de PRR consideradas, número de

| LOTE     | Altura, cm | Diámetro,mm | Peso Seco<br>Foliar, g | P.S. Aéreo, g | P.S. Radical, g | Área Foliar, cm² | % Ar. foliar<br>clorótica | Longitud<br>Raíz, cm | medio raíz | Long. Raíz/<br>n° Puntas | Fibrosidad %<br>L<0,5mm | Long. Raíz<br>blanca, cm | Diam. raíz<br>blanca, mm | Puntas blancas | Potencial hídrico<br>-MPa | N, % | P, % | K, % | Ca, % | Mg, % | Almidón, % | Azúcares<br>solubles % |     |
|----------|------------|-------------|------------------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------------|----------------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|------------|------------------------|-----|
|          |            |             |                        |               |                 |                  |                           |                      |            |                          |                         |                          |                          |                |                           |      |      |      |       |       |            |                        |     |
| Pini-HT  | Med        | 4,9         | 1,47                   | 0,22          | 0,27            | 0,25             | 11,7                      | 7,5                  | 404        | 0,64                     | 0,71                    | 48,4                     | 9                        | 0,49           | 28                        | 1,43 | 1,77 | 0,19 | 0,83  | 0,94  | 0,24       |                        |     |
|          | E.T.       | 0,08        | 0,03                   | 0,03          | 0,03            | 0,03             | 0,9                       | 1,3                  | 68         | 0,01                     | 0,04                    | 1,5                      | 2                        | 0,03           | 4                         | 0,33 |      |      |       |       |            |                        |     |
| Pini-FA) | Med        | 7,2         | 1,87                   | 0,60          | 0,76            | 0,81             | 26,9                      | 8,4                  | 848        | 0,86                     | 0,77                    | 48,9                     | 19                       | 0,53           | 96                        | 1,22 | 1,85 | 0,28 | 0,92  | 0,67  | 0,23       |                        |     |
|          | E.T.       | 0,11        | 0,04                   | 0,07          | 0,08            | 0,08             | 4,5                       | 1,1                  | 158        | 0,05                     | 0,05                    | 3,7                      | 5                        | 0,05           | 15                        | 0,51 |      |      |       |       |            |                        |     |
| Pipr-HU  | Med        | 8,7         | 2,15                   | 0,95          | 1,15            | 0,94             | 46,9                      | 10,2                 | 1077       | 0,61                     | 0,60                    | 59,7                     | 17                       | 0,77           | 63                        | 1,19 | 0,99 | 0,22 | 0,72  | 1,03  | 0,21       | 13,9                   | 3,4 |
|          | E.T.       | 0,16        | 0,05                   | 0,06          | 0,07            | 0,05             | 6,3                       | 2,1                  | 218        | 0,03                     | 0,06                    | 0,9                      | 4                        | 0,07           | 6                         | 0,60 |      |      |       |       |            |                        |     |
| Pipr-GE  | Med        | 33,6        | 3,55                   | 1,44          | 2,52            | 1,15             | 93,3                      | 30,9                 | 1331       | 0,71                     | 0,76                    | 56,1                     | 120                      | 0,36           | 336                       | 1,14 | 0,95 | 0,22 | 0,85  | 0,78  | 0,37       | 13,1                   | 3,3 |
|          | E.T.       | 0,60        | 0,13                   | 0,09          | 0,15            | 0,08             | 20,7                      | 6,2                  | 135        | 0,06                     | 0,06                    | 2,4                      | 37                       | 0,02           | 133                       | 0,14 |      |      |       |       |            |                        |     |
| Quil-HT  | Med        | 13,7        | 3,87                   | 1,12          | 1,67            | 2,68             | 42,5                      | 7,8                  | 564        | 0,88                     | 0,90                    | 66,8                     | 0                        | 0,00           | 0                         | 3,13 | 1,66 | 0,11 | 0,49  | 1,88  | 0,43       | 30,35                  | 4,4 |
|          | E.T.       | 0,31        | 0,08                   | 0,09          | 0,13            | 0,22             | 5,9                       | 0,6                  | 182        | 0,09                     | 0,07                    | 1,2                      | 0                        | 0,00           | 0                         | 0,34 |      |      |       |       |            | 3,55                   | 0,8 |
| Quil-HU  | Med        | 13,         | 3,18                   | 1,16          | 1,63            | 2,32             | 40,4                      | 8,0                  | 934        | 0,66                     | 0,92                    | 66,2                     | 0                        | 0,07           | 0                         | 4,45 | 1,46 | 0,11 | 0,55  | 2,09  | 0,33       | 22,6                   | 3,3 |
|          | E.T.       | 0,31        | 0,07                   | 0,07          | 0,09            | 0,12             | 5,7                       | 0,7                  | 131        | 0,05                     | 0,06                    | 3,8                      | 0                        | 0,05           | 0                         | 0,51 |      |      |       |       |            | 1                      | 0,2 |

Tabla 1. Media y error típico de los atributos de calidad determinados en los seis lotes empleados

| Condiciones PRR (duración)    | T min (°C)       | T max (°C)       | RH min (%) | RH max (%) | Radiación (klux) |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------|------------|------------------|
| Invernadero (28/Oct-29/Nov)   | 12,4 (15,6-7,9)  | 22,2 (23,6-20,5) | 39,4       | 87,7       | 15,9             |
| Cámara cultivo (8/Nov-18/Nov) | 23,5 (24,2-23,0) | 26,2 (27,8-25,5) | 60,7       | 84,1       | 33,1             |

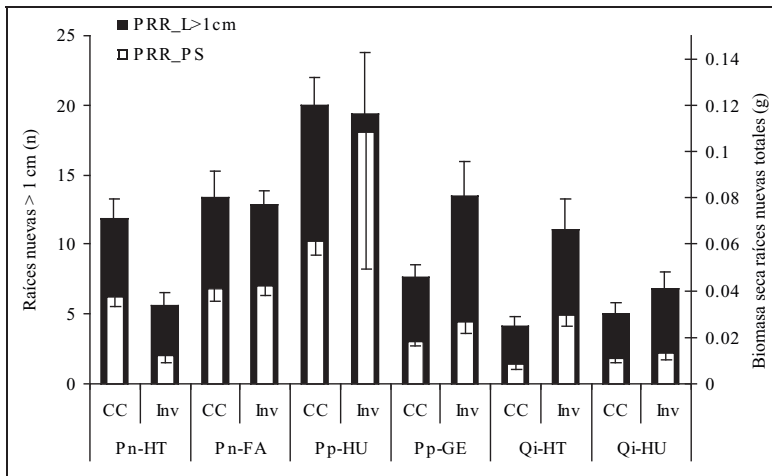
**Tabla 2.** Condiciones ambientales registradas en cada uno de los dos test realizados (T, temperatura; RH, humedad relativa). En T, el rango de datos figura entre paréntesis

raíces nuevas >1 cm y biomasa total de raíces nuevas, han generado valores proporcionales en la mayoría de los casos.

Los resultados obtenidos en las distintas pruebas estadísticas realizadas (Tabla 3) indican que la realización del test en una u otra ubicación produce valores significativamente diferentes en dos de las tres especies ensayadas. No obstante, estas diferencias dependen de la especie. Así, los valores medios obtenidos en las dos variables de PRR (Figura 1), han sido mayores para *Quercus*

*ilex* en el test del invernadero (test largo), mientras que en *Pinus nigra* ha sido la cámara de cultivo (o test corto) la que ha dado mayores valores medios (independientemente del lote)

El factor lote ha generado diferencias significativas en las tres especies, con lo que se cumple la hipótesis de partida de que calidades de planta morfológicas y fisiológicas diferentes dan lugar a diferentes puntuaciones en el test de PRR. En *Pinus nigra*, el lote FA obtuvo valores similares en ambos test mientras que el lote HT



**Figura 1.** Valores de PRR (número de raíces nuevas mayores de 1 cm (L>1 cm) y peso seco de raíces nuevas totales (Ps)) realizado en dos condiciones diferentes (cámara de cultivo, CC e Invernadero, Inv) para lotes de distinta calidad de pino laricio (Pn), pino rodeno (Pp) y encina (Qi). Las barras indican el error típico de la media. HT, FA, HU y GE hacen referencia al lote (código relacionado con el vivero de producción)

| Variable PRR              | <i>Pinus nigra</i> |         |                  | <i>Pinus pinaster</i> |         |                  | <i>Quercus ilex</i> |       |                  |
|---------------------------|--------------------|---------|------------------|-----------------------|---------|------------------|---------------------|-------|------------------|
|                           | Ubicación          | Lote    | Ubicación X lote | Ubicación             | Lote    | Ubicación X lote | Ubicación           | Lote  | Ubicación X lote |
| PRR-Longitud raíces >1 cm | 5,93*              | 10,28** | 4,20*            | 0,82                  | 10,35** | 1,31             | 11,26**             | 1,73  | 4,24*            |
| PRR-Peso Seco             | 8,00**             | 16,83** | 9,88**           | 0,85                  | 4,50*   | 0,42             | 14,69**             | 5,49* | 9,62**           |

**Tabla 3.** Resultados del estadístico F en el ANOVA de dos factores realizado para cada especie y variable de PRR (6 pruebas en total). \* significativo a  $p \leq 0.05$ ; \*\* significativo a  $p \leq 0.01$

mostró valores inferiores al anterior, sobre todo en el test del invernadero. En el caso de *Pinus pinaster*, las diferencias entre ambos lotes se mantuvieron en los dos test (cámara de cultivo e invernadero), siendo el lote GE el que presentó los menores valores de PRR. Por último, en *Quercus ilex*, el lote HT mostró valores superiores al lote HU en el test de invernadero y ligeramente inferiores en el de la cámara de cultivo.

Un aspecto destacable de los resultados es la presencia de interacciones significativas entre los factores ubicación y lote en los ANOVAs realizados para *Quercus ilex* y *Pinus nigra*. Ello indica que un mismo lote de planta con una calidad determinada en el momento de realizar el test, puede dar puntuaciones diferentes según cómo se lleve a término éste (y por tanto esto no sería operativo en un control de calidad no tipificado).

Finalmente, la variación de las concentraciones de los cinco macronutrientes y los carbohidratos no estructurales en las plantas tras la realización del PRR aparece en la tabla 4. Se observa que predominan los signos negativos en la mayoría de los nutrientes analizados, es decir, ha habido descensos en las concentraciones foliares tras la realización del test. Por especies no se aprecia un patrón claro, ni tampoco por ubicación, aunque parece intuirse una mayor caída de las concentraciones de N en las plantas ubicadas en cámara de cultivo, algo que no puede precisarse con los datos disponibles. En P, destaca la poca variación en el caso de *Quercus ilex*, y en K son destacables los importantes des-

censos en las coníferas, especialmente en *Pinus pinaster*. La variación en los carbohidratos no estructurales (almidón y azúcares solubles) ha sido diferente según el lote de *Quercus ilex*. En el lote HT, con mayor PRR, ha habido un descenso de almidón en ambas localizaciones mientras que en azúcares ha habido un aumento en la cámara de cultivo y un descenso leve en el invernadero. Por el contrario, el lote QUIL-HU ha mostrado aumentos en todas las concentraciones.

## DISCUSION

Los valores de PRR obtenidos se encuentran dentro de los rangos, más bien amplios, comúnmente encontrados en la bibliografía para estas especies (DEL CAMPO Y NAVARRO, 2004; DEL CAMPO et al., 2005; MORENO ALVARO et al., 2005). No obstante, existen diferencias importantes en *Quercus ilex* y *Pinus nigra* que dependen de cómo se realice el test.

El menor periodo de tiempo del que disponen las plantas en el test de la cámara de cultivo (10 días) es probablemente la explicación de que *Quercus ilex* presente valores inferiores aquí. La carrasca, como otras frondosas, presenta una respuesta más lenta pues en el crecimiento radical intervienen los carbohidratos no estructurales de reserva (MORENO ALVARO et al., 2005) tal y como se ha comprobado en el lote QUIL-HT. En esta especie parece aconsejable la realización de un test más largo, que promueve un mayor

| LOTE    | Ensayo    | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) | Almidón, % | Azúcares sol. % |
|---------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|------------|-----------------|
| Pini-HT | Invern.   | -0,06 | -0,01 | 0,05  | 0,06   | 0,02   |            |                 |
|         | C.cultivo |       |       |       |        |        |            |                 |
| Pini-FA | Invern.   | -0,18 | -0,08 | 0,05  | 0,14   | -0,02  |            |                 |
|         | C.cultivo | -0,37 | -0,1  | -0,29 | 0,13   | -0,06  |            |                 |
| Pipr-HU | Invern.   | -0,1  | -0,03 | -0,25 | 0,27   | 0,05   |            |                 |
|         | C.cultivo | 0,04  | 0     | -0,05 | -0,06  | 0      |            |                 |
| Pipr-GE | Invern.   | -0,1  | -0,08 | -0,25 | -0,06  | -0,12  |            |                 |
|         | C.cultivo | -0,15 | -0,04 | -0,24 | -0,03  | -0,05  |            |                 |
| Quil-HT | Invern.   | 0,05  | 0,01  | 0     | 0,12   | 0,01   | -3,05      | -0,6            |
|         | C.cultivo | -0,07 | 0     | -0,08 | -0,02  | 0,03   | -3,75      | 1,2             |
| Quil-HU | Invern.   | 0,05  | 0     | -0,04 | -0,09  | -0,01  | 4,1        | 0,1             |
|         | C.cultivo | -0,04 | 0,01  | -0,06 | -0,14  | 0      | 0,9        | 0,8             |

**Tabla 4.** Variación (valores finales menos iniciales) en la concentración de nutrientes y carbohidratos no estructurales tras la realización del PRR

crecimiento radical y por tanto una mayor diferenciación entre lotes de calidades distintas.

En *Pinus nigra*, el crecimiento radical depende casi exclusivamente de la fotosíntesis del momento, tal y como es común en coníferas (VAN DEN DRIESSE, 1987), por lo que unas condiciones óptimas para la fotosíntesis habrían propiciado los mayores crecimientos radicales de la cámara de cultivo frente a los del invernadero, donde el acortamiento del fotoperiodo habría incidido negativamente en el PRR.

En el caso de *Pinus pinaster*, es posible que haya habido un equilibrio entre las mejores condiciones de crecimiento en cámara de cultivo y el mayor tiempo del invernadero (esta especie no es tan sensible al fotoperiodo), dando finalmente valores muy similares en ambos tests. De este modo, lotes de diferente calidad podrían ser discriminados por ambos tipos de test.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda de la Consellería de Territori y Habitatge de la Generalitat Valenciana y de la empresa pública Vaersa.

### BIBLIOGRAFÍA

- BURDETT, A.N.; 1979. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. *Can. J. For. Res.* 9: 63-67.
- BURDETT, A.N.; 1987. Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth test. *Can. J. For. Res.* 17: 768-775.
- DEL CAMPO, A.D. Y NAVARRO, R.M.; 2004 Calidad de lotes comerciales de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.). Evaluación de su respuesta en campo. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17: 35-42.
- DEL CAMPO, A.; HERMOSO, J.; IBÁÑEZ, A. Y NAVARRO, R.; 2005. Respuesta postrasplante y evolución del potencial hídrico en plantación de *Pinus pinaster* Ait. en varias localizaciones de Valencia. En: SECF-Gobierno de Aragón (eds.), *Libro de Resúmenes, Comunicaciones y Ponencias del 4º Congreso Forestal Español*. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- DEL CAMPO, A.; NAVARRO, R.; HERMOSO, J. Y IBÁÑEZ, A.; 2007. Relationship between root growth potential and field performance in Aleppo pine. *Ann. For. Sci.* 64: 541-548.
- MORENO ALVARO, S.; VILLAR-SALVADOR, P. Y PEÑUELAS RUBIRA, J.; 2005. Dependencia del crecimiento radical de la fotosíntesis del momento en especies perennifolias mediterráneas. Implicaciones para el cultivo de planta. En: SECF-Gobierno de Aragón (eds.), *Libro de Resúmenes, Comunicaciones y Ponencias del 4º Congreso Forestal Español*. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- OLIET, J.; PLANELLES, R.; ARTERO, F.; MARTÍNEZ MONTES, E.; ALVAREZ LINAREJOS, L.; ALEJANO, R. Y LOPEZ ARIAS, M.; 2003. El potencial de crecimiento radical en planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. Influencia de la fertilización. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For.* 12-1: 51-60.
- PARDOS, M.; ROYO, A.; GIL, L. & PARDOS, J.; 2003. Effect of nursery location and outplanting date on field performance of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* seedlings. *Forestry* 76(1): 67-81.
- RITCHIE, G.A.; 1984. Assessing seedling quality. In: M.L. Duryea & T.D. Landis (eds). *Forest nursery manual: production of bareroot seedlings*: 243-259. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk publishers. The Hague.
- RITCHIE, G.A. & DUNLAP, J.R.; 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. *N.Z. J. For. Sci.* 10-1: 218-248.
- RITCHIE, G.A. & TANAKA, Y.; 1990. Root growth potential and the target seedling. In: Rose et al. (eds.), *Target seedling symposium*: 37-51 GTR: RM-200. USDA Forest Service.
- SAMPSON, P.H.; TEMPLETON, C.W.G. & COLOMBO, S.J.; 1997. An overview of Ontario's stock quality assessment program. *New Forests* 13: 461-479.
- SIMPSON, D.G. & RITCHIE, G.A.; 1997. Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests* 13: 253-277.
- VAN DEN DRIESSE, R.; 1987. Importance of current photosynthate to new root growth in planted conifer seedlings. *Can. J. For. Res.* 17: 776-782.