

**Efecto de la concentración del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp., rosa silvestre, en condiciones de invernadero****Effect of the concentration of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) in the rooting cuttings of *Rosa* sp., wild rose, under greenhouse conditions**

<sup>1</sup>Jordan De La Cruz Castillo, <sup>2</sup>Freddy Mejía Coico, <sup>3</sup>José Mostacero León, <sup>4</sup>Eloy López Medina<sup>1</sup> y <sup>5</sup>Aracely Gonza Carnero<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La rosa es la principal especie florícola de corte a nivel mundial, y de gran demanda para nuestro país; ante esta situación es importante incrementar la producción de este cultivo, y por esto la importancia de propagar masivamente patrones que posean características de rusticidad, precocidad y resistencia. Este es el caso de la variedad *Rosa* sp., o rosa silvestre, muy cultivada en nuestro medio. El éxito en su propagación dependerá de la combinación de factores endógenos y exógenos, hecho en que participan activamente las auxinas. Se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de 2,4-D aplicadas en los tratamientos T0 (0,0 %), T1 (0,3 %), T2 (0,5 %), y T3 (0,8 %). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente a través de un Análisis de Variancia (ANOVA), y la Prueba de Tukey. A los 30 días se obtuvo que el T2 indujo la formación de un mayor número de raíces, 5,5, y una mayor longitud de raíces, 2,92 cm. Se concluye que el 2,4-diclorofenoxiacético, al 0,5%, ejerce un efecto positivo en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp.

**Palabras clave:** *Rosa* sp, rosa silvestre, enraizamiento, 2,4–diclorofenoxiacético, hormonas.

**ABSTRACT**

Rose is the main cutting floricultural species worldwide, and it has a great demand for our country; in this situation it is important to increase the production of this crop, and hence the importance of massively spreading patterns that have characteristics of rusticity, precocity and resistance. This is the case of the variety *Rosa* sp., or wild rose, widely cultivated in our environment. The success in its spread will depend on the combination of endogenous and exogenous factors, made actively involved in auxin. It was evaluated the effect of different concentrations of 2,4-D treatments applied in T0 (0,0%), T1 (0,3%), T2 (0,5%), and T3 (0,8%). The obtained data were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA), and Tukey test. Thirty days later, it was obtained that the T2 induced formation of a larger number of roots, 5,5, and increased root length, 2,92 cm. It is concluded that 2,4-dichlorophenoxyacetic, 0,5%, has a positive effect on the rooting of *Rosa* sp.

**Keywords:** *Rosa* sp, wild rose, rooting, 2, 4–dichlorophenoxyacetic, hormones.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.

<sup>2</sup>jdelacruzcastillo@unitru.edu.pe <sup>3</sup>freddymejia1@unitru.edu.pe <sup>4</sup>jmostacero@unitru.edu.pe <sup>5</sup>aracely152@unitru.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

El género *Rosa* tiene su origen en China, existiendo escritos que hablan de ella desde hace más de 4000 años. En su proceso de expansión, la rosa llegó a la India, Persia, Grecia, Italia y España. Posteriormente, en 1815, llegó a Francia en donde se aprovechó al máximo este cultivo. Diez años después ya se conocían más de 5000 variedades. Fue introducida en América por hispanos y sajones, y hoy en día, se cultiva con fines comerciales en varios países de este continente, especialmente en Estados Unidos, México, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Guatemala, países que la cultivan principalmente por sus hermosas flores, sus vistosos frutos y su atractivo follaje.

*Rosa* sp. o rosa silvestre, pertenece a la familia de las Rosáceas, y se trata de un arbusto que puede variar en tamaño, llegando a medir desde los 15 cm de altura hasta alcanzar los 12 m de largo (Álvarez, 1980). Su raíz es pivotante, vigorosa y profunda, el tallo presenta ramas lignificadas, crecimiento erecto o sarmentoso, de color variable y con espinas más o menos desarrolladas y de variadas formas (Gibson, 1995). Sus hojas presentan una superficie lisa y está compuesta de cinco a siete folíolos, con una flor completa, de cinco pétalos y periginias, que le confiere forma de taza o copa. Sus frutos son secos, indehiscentes, monospermos y muy duros (Vidalie, 1992). Los rosales pueden multiplicarse tanto sexualmente, por semilla, como asexualmente, por acodo, injerto y estaca; cada uno de los cuales se realizan según los objetivos buscados por el floricultor (Hessayón, 1994). Sexualmente, la propagación por semillas solo se realiza para producir nuevas variedades, y no es aplicable a gran escala, ya que las plantas obtenidas por este proceso varían en sus características genéticas. Asexualmente, la propagación por acodo se emplea en contadas ocasiones y en un mínimo de variedades. Por lo tanto, la elección básica oscila entre el injerto y el esqueje (López, 1981). En este sentido, la mayoría de los rosales cultivados con fines comerciales se propagan por injertos, lo que implica la inserción de una yema, u "ojo", de la variedad seleccionada, en forma de T, en el tallo del portainjerto (Burgarin y Lozoya, 1992).

La eficiencia en la aplicación de esta técnica dependerá de muchos factores; siendo los principales el tipo y disponibilidad del patrón, la época más adecuada para

la injertación, así como la aplicación de conocimientos prácticos. Dichos factores ayudarán en su conjunto a aumentar la producción de flores, solucionar problemas que deriven de la escasa producción de raíces, y a generar tolerancia a problemas patológicos en las raíces (Van der Salm *et al.*, 1998).

El género *Rosa* (L.) reúne en tomo a unas doscientas especies de plantas silvestres, ampliamente distribuidas por territorios templados y subtropicales del hemisferio norte y sur (Wissemann y Ritz, 2005). *Rosa* sp, o rosa silvestre, reúne todas las características antes mencionadas, las que la convierten en un excelente patrón para la propagación masiva de rosales de corte (Bruneau *et al.*, 2007).

Por otro lado, la propagación por estacas es un método muy utilizado en diversos cultivos, presentando ventajas como la de obtener muchas plantas de forma fácil y rápida a un costo muy bajo. Asimismo, con esta técnica se evita el cambio genético por formación de posibles híbridos (López, 1981). Su viabilidad depende de la capacidad de formación de raíces, la calidad del sistema radicular formado, y el posterior desarrollo de la planta en el área de producción (Fachinello *et al.*, 1994).

Para el enraizamiento es necesario un balance hormonal entre promotores e inhibidores de iniciación radicular, lo cual se puede lograr con la aplicación exógena de promotores. Dentro de este grupo de sustancias promotoras que participan en la iniciación de raíces adventicias se encuentran las llamadas auxinas (Pasqual *et al.*, 2001). Estas son importantes reguladores en la formación de raíces laterales para la propagación por esquejes. Además, son esenciales para la formación de raíces adventicias, sobre todo en su fase juvenil, por lo que los tratamientos con auxinas pueden aumentar la tasa de iniciación radical y el número y la masa de raíces formadas (Hackett, 1988).

Entre las auxinas más utilizadas para este efecto se menciona el ácido indolacético (AIA), el ácido indolbutírico (AIB), el ácido naftalenacético (ANA) y el ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) (Cabrera, 1999). El AIA estimula la iniciación de raíces en cortes de tallo; el ANA, por lo general, es más eficaz que el AIA; el AIB se utiliza para provocar la formación de raíces con más regularidad que ANA o cualquier otra auxina (Scheffer, 2002). Por último, el ácido 2,4 - diclorofenoxiacético (2,4-D) es un herbicida hormo-

nal, fenoxi-derivado, que fue introducido en el año 1954 como el primer herbicida sistémico y selectivo para el control de malezas de hoja ancha en cultivos de cereales, siendo ampliamente usado en la actualidad debido a su bajo costo y el fácil acceso para el agricultor. A esto hay que sumarle que recientemente se ha demostrado que en pequeñas concentraciones ejerce un efecto enraizante (Ware y Whitac, 2004).

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de la presente investigación es el de determinar el efecto de la concentración del 2,4- diclorofenoxiacético en el enraizamiento adventicio de estacas de *Rosa* sp, rosa silvestre, en condiciones de invernadero.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental de Biotecnología y Fisiología Vegetal, en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, departamento de La Libertad (Perú). El material biológico provino de plantas de *Rosa* sp. del jardín botánico de la misma universidad. Fueron seleccionadas ramas jóvenes, sanas y de buena apariencia. Estas fueron recibidas en bandejas y colocadas en bolsas con humedad para su posterior traslado al invernadero, donde se cortaron estacas de 20 cm de largo y 1 cm de diámetro, que tuvieran por lo menos cuatro nudos. Así,

se colocaron en un recipiente con agua para evitar la desecación durante su manipulación. El sustrato requerido se colocó dentro de una cama de enraizamiento de 90 x 130 x 15 cm de profundidad, el mismo que estuvo conformado por dos capas de arena: la primera, basal con una altura de 4 cm de arena gruesa, y 5 mm de diámetro, y la segunda, con una altura de 10 cm de arena fina, y de 2 mm de diámetro. Ambas fueron previamente esterilizadas con Hipoclorito de calcio al 2 % por 24 h. La hormona enraizante utilizada fue el 2,4- diclorofenoxiacético (2,4-D) en concentraciones de 0,0 % (T0), 0,3 % (T1), 0,5 % (T2), y 0,8 % (T3).

Se sumergió la parte basal de las estacas en agua de caño, para luego ser impregnadas con la hormona en polvo, y finalmente colocadas dentro de la cama de enraizamiento a una profundidad de tres cuartas partes de la estaca.

Se utilizaron 120 estacas en cuatro tratamientos, con 10 unidades muestrales cada uno, y tres repeticiones (Figura 1), además de mantener el cultivo a temperatura ambiente de  $25 \pm 2$  °C. Las variables a evaluar a los 30 días fueron: número de raíces, longitud de raíz mayor, y número de hojas (Figura 2), datos que fueron analizados mediante el programa estadístico Statgraphic 5,2, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los distintos tratamientos, y detectar así el mejor de ellos, con un nivel de confianza de 95 %.



Figura 1. Diseño experimental del efecto de la concentración del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp, en condiciones de invernadero



Figura 2. Toma de datos para longitud de raíz y número de raíces de estacas de *Rosa sp.* a los 30 días de realizada la siembra

### III. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación se han reflejado en las siguientes tablas (1, 2, 3, 4, 5 y 6), y figuras (3, 4 y 5). De esta manera en las tablas quedan reflejados los productos de la investigación de los promedios de longitud de raíz mayor, el número de raíces y brotes (Tabla 1), y los análisis de varianzas y la

prueba de Tukey en la comparativa de la longitud de raíz mayor (Tablas 2 y 3), en la comparativa del número de raíces (Tablas 4 y 5), y en la comparativa del número de brotes (Tabla 6) a la hora de aplicar los cuatro distintos tipos de tratamientos en función de las concentraciones del 2,4-D.

Tabla 1. Promedios de longitud de raíz mayor, número de raíces y número de brotes de estacas de *Rosa sp.* por efecto de los tratamientos T0 (0,0%), T1 (0,3%), T2 (0,5%), y T3 (0,8%), con 2,4-D a los 30 días de realizada la siembra

Tratamientos	Longitud de raíz (cm)	Número de raíces	Número de brotes
T0	0,59	1,17	1,43
T1	0,95	2,57	1,93
T2	2,92	5,5	1,97
T3	1,73	2,6	1,73

Tabla 2. Análisis de Varianza (ANOVA) para longitud de raíz mayor, en el enraizamiento de estacas de *Rosa sp.* por efecto de los tratamientos T0 (0,0%), T1 (0,3%), T2 (0,5%), y T3 (0,8%), con 2,4-D a los 30 días de realizada la siembra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	95763	3	31921	8,17	0,0001
Intra grupos	453217	116	390704		
Total (Corr.)	548,98	119			

Tabla 3. Prueba de Tukey, para longitud de raíz mayor de estacas de *Rosa sp.*, a los 30 días de realizada la siembra

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	30	0,59	X
T1	30	0,95	X
T3	30	1,73	X
T2	30	2,92	X

( $P \leq 0,05$ ) \* indica una diferencia significativa.

**Tabla 4.** Análisis de Varianza (ANOVA) para número de raíces, en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp. a los 30 días de realizada la siembra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor -P
Entre grupos	298558	3	995194	4,32	0,0063
Intra grupos	2672,23	116	230365		
Total (Corr.)	2970,79	119			

**Tabla 5.** Prueba de Tukey, para número de raíces a partir de estacas de *Rosa* sp., a los 30 días de realizada la siembra

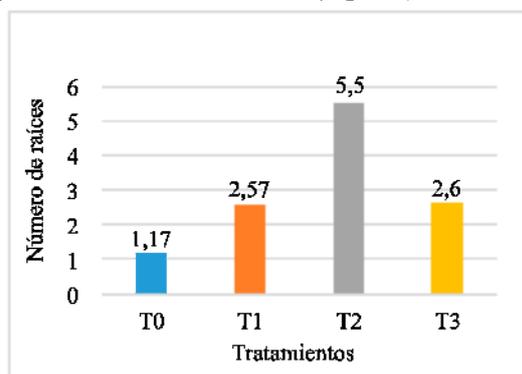
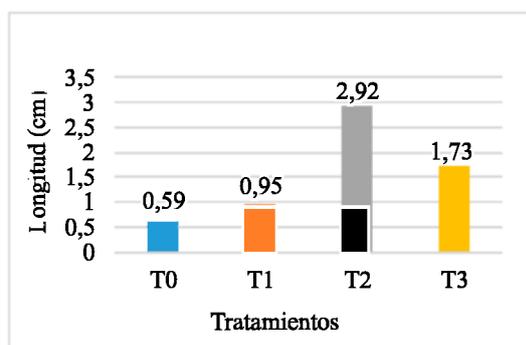
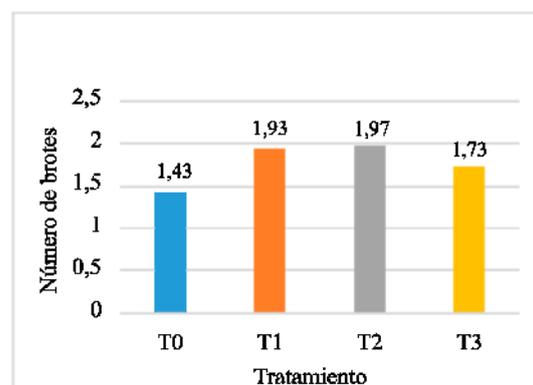
Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	30	1,17	X
T1	30	2,57	X
T3	30	2,6	X
T2	30	5,5	X

(P<0,05) \* indica una diferencia significativa.

**Tabla 6.** Análisis de Varianza (ANOVA) para número de brotes, en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp. a los 30 días de realizada la siembra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor -P
Entre grupos	5,4	3	1,8	0,85	0,4701
Intra grupos	246067	116	212126		
Total (Corr.)	251467	119			

Lo mismo ocurre con las figuras incluidas en este artículo, que muestran el promedio del número de raíces obtenidas de estacas de *Rosa* sp. frente a los tratamientos, a los 30 días de siembra (Figura 3); el promedio de la longitud de raíz mayor (Figura 4), y el promedio del número de brotes (Figura 6).

**Figura 3.** Promedio del número de raíces obtenidas, de estacas de *Rosa* sp. frente a tratamientos, a los 30 días de siembra**Figura 4.** Promedio de la longitud de raíz mayor, de estacas de *Rosa* sp. frente a tratamientos, a los 30 días de siembra**Figura 5.** Promedio del número de brote, de estacas de *Rosa* sp. frente a tratamientos, a los 30 días de siembra

#### IV. DISCUSIÓN

Los promedios para la longitud de raíz mayor, el número de raíces, y el número de brotes a partir de estacas de *Rosa* sp. (Tabla 1) nos indican que existe un umbral de acción óptimo que activa positivamente el efecto enraizante de la hormona 2,4- diclorofenoxiacético, siendo la concentración de 0,5%, la más efectiva. En los demás tratamientos también se observó un desarrollo leve de estas variables (Figura 1, 2 y 3), y esto se debe probablemente a que las células de los meristemos radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea, suficientes para una elongación normal (Salisbury, 1991). Además, este puede ser acelerado con mayores concentraciones de auxinas.

La existencia de diferencias significativas para la variable longitud de raíz mayor, resultadas a partir del

Análisis de Varianza (ANOVA) (Tabla 2), nos estarían indicando que a diferentes concentraciones de 2,4-D se generan distintas respuestas rizogénicas. Esto se puede explicar porque probablemente a una concentración determinada, las propiedades del 2,4-D de estimular la diferenciación y el posterior desarrollo radical de las células epidérmicas aumentan (Azcón-Bieto y Talón, 1993). Así, estas propiedades complementadas con las condiciones ambientales están permitiendo un enraizamiento efectivo para *Rosa* sp. más recalado entre ciertas concentraciones.

Respecto al mejor tratamiento para longitud de raíz mayor, el T2 con 2,9 cm, queda demostrado a través de la prueba de Tukey (Tabla 3), que es a la concentración de 0,5% como se muestra más efectivo. Probablemente, la razón para sustentar esto es porque a esta concentración la hormona expresa su máxima actividad, estimulando la iniciación de raíces y su posterior crecimiento en cortes de tallos (Salisbury, 2000). Asimismo, se manifiesta que las hormonas vegetales son activas, en tres condiciones en el sistema de respuesta: primero, que exista suficiente cantidad de hormona en las células adecuadas; segundo, que los grupos de células que respondan a la hormona (células destino) deben reconocerla y ligarse a ella en las proteínas receptoras; y tercero, que la proteína receptora debe causar un cambio metabólico que produzca la amplificación de la señal hormonal.

Las diferencias significativas encontradas para el número de raíces (Tabla 4) nos están indicando que el 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) ejerce un efecto importante en la generación de raíces adventicias, a partir de estas estacas, de tal forma que cada concentración empleada de hormona induciría la formación de un número variable de raíces. Cabe mencionar que el contar con raíces más ramificadas puede significar un aumento de la estabilidad de las plántulas (Thompson y Schultz, 1995). Cabe destacar, en este sentido, que las raíces laterales primarias constituyen el entramado básico para la producción de nuevas raíces, siendo importantes en la absorción de agua y nutrientes minerales y además en la asociación con micorrizas.

La prueba de Tukey para el número de raíces (Tabla 5) reflejó que el 2,4-D, a la concentración de 0,5 %, es la mejor opción, induciendo un promedio de 5,5 raíces por estaca (Figura 1). Probablemente se debe a que a

estas cantidades se optimiza la producción de etileno induciendo así la formación de raíces laterales, adventicias y pelos radicales. Por consiguiente, se puede afirmar que el umbral óptimo para la generación de mayor número de raíces se da a estas concentraciones auxínicas. Otros autores, como Choi *et al.* (2000) determinaron el efecto de los promotores del crecimiento (AIA 1000 mg L<sup>-1</sup>, ANA 500 mg L<sup>-1</sup>, AIB 500 mg L<sup>-1</sup> y Rootone), obteniendo un 100 % de enraizamiento con el tratamiento de Rootone y menos del 100 % con los promotores de crecimiento. Por otro lado, las estacas comprendidas dentro de los tratamientos T0, T1 y T3, presentaron, un sistema radicular pobremente desarrollado con unas pocas raíces, de entre 1,16 a 2,6 raíces (Figura 1), delgadas y quebradizas, de color amarillento y prácticamente sin raíces laterales. Además, la longitud de raíces en estos casos osciló entre 0,55 cm y 1,73 cm (Figura 2), provocado probablemente por la falta de un sistema radical desarrollado y la ausencia de fotosintatos que estarían limitando en gran medida el enraizamiento.

Asimismo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para número de brotes presentes en las estacas (Tabla 6), algo que puede deberse a que las 120 estacas provenían de la parte basal y media de las ramas, además de tener una misma edad fenológica. Así, se homogeniza la muestra y la capacidad de las estacas para formar brotes foliares y se obtiene como máximo valor promedio un número de 1,97 brotes por estaca a los 30 días (Figura 3). Esto va en la línea de lo dicho por Álvarez (2002), quien reportó un número de brotes por estaca de 2,06 a los 30 días, y de 2,36 a los 45 días en rosa silvestre.

## V. CONCLUSIONES

El 2,4-diclorofenoxiacético, a la concentración de 0,5%, es decir en el tratamiento 2 (T2), ejerce un efecto positivo a nivel de longitud de raíz mayor y número de raíces, en el enraizamiento de estacas de *Rosa* sp., o rosa silvestre, en condiciones de invernadero.

Por el contrario, el efecto en la formación de nuevos brotes con este tratamiento no es tan eficaz a ninguna de las concentraciones escogidas, no existiendo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y los resultados obtenidos.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M. "Uso de hormonas y medios de enraizamiento en estacas de patrones de rosa. Tesis, Ingeniería Agroindustrial". Universidad Central, Quito. Ecuador. 2002.
- Álvarez, M. "Agrotecnia de los rosales". La Habana: Editorial Pueblo y Educación. *Floricultura*. 1980.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. "Fisiología y bioquímica vegetal". España: Interamericana. 1993.
- Bruneau, A., J. Starr y J. Simon. "Phylogenetic Relationships in the Genus Rosa: New Evidence from Chloroplast DNA Sequences and an Appraisal of Current Knowledge". *Systematic Botany*. Vol. 32 (2007): 336-378.
- Burgarin, M. y H. Lozoya. "Propagación in vitro del portainjerto *Rosa x noisettiana* cv. "Manetti" a partir de yemas axilares". *Chapingo*. Vol. 15 (1992): 39-44.
- Cabrera, W. "Aspectos fisiológicos en la formación de raíces adventicias". Universidad Nacional Agraria La Molina. 1999.
- Choi, B., C. Sang, E. Choi y S. Noh. "Effects of rooting promoters and light intensity on rooting and root growth of rose cuttings". *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. Vol. 18(2000): 815-818.
- Fachinello, J., A. Hoffmann y J. Nachtigal. "Propagación de plantas frutíferas de clima temperado". Brasil: Ufpel Pelotas. 1994.
- Gibson, M. "Guías Jardín Blume: Rosales". Barcelona: Editorial Castell. 1995.
- Hackett, W. "Donor plant maturation and adventitious root formation". En: Adventitious root formation in cuttings. Advances in Plant Sciences Series. Portland Oregon: Dioscorides Press. 1988.
- Hessayón, D. "Rosas: Manual de cultivo y conservación". Barcelona: Editorial Blume. 1994.
- López, J. "Cultivo del rosal en invernadero". Madrid: Ediciones Mundi-prensa. 1981.
- Pasqual, M., N. Chalfun, J. Ramos, M. do Vale y C. de Silva. "Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas". Brasil: UFPA/Faepe, Lavras. 2001.
- Salisbury, F. "Fisiología de las plantas". Barcelona: Aedos. 2000.
- Salisbury, F. "Fisiología vegetal". México: Iberoamericana. 1991.
- Scheffer, E. "Auxinas y sus efectos sobre el enraizamiento". Universidad Nacional Agraria La Molina. 2002.
- Thompson, J. y R. Schultz. "Root System Morphology of *Quercus rubra* L. Planting stock and 3 year field performance in Lowwa". *New Forest*. 1995.
- Van der Salm, T., R. Bouwer, A. Dijk, L. Keizer, C. Cate, L. Van der Plas y J. Dons. "Stimulation of scion bud release by rol gene transformed rootstocks of *Rosa hybrida* L". *Journal of Experimental Botany*. Vol. 49 (1998): 847-852.
- Vidalie, H. "La producción de flor cortada". En: Producción de Flores y Plantas Ornamentales. Madrid: Editorial Mundi-Prensa. 1992.
- Ware, G. y D. Whitac. "The Pesticide book". Ohio: MeisterPro. 2004.
- Wissemann, V. y C. M. Ritz. "The genus Rosa (Rosaceae) revisited: molecular analysis of nrITS-1 and atpB-rbcL intergenic spacer (IGS) versus conventional taxonomy". *Botanical Journal of the Linnean Society*. Vol. 147 (2005): 275-290.