

Efectos positivos de la micorrización controlada, con el hongo *Tuber melanosporum* Vitt., de la especie forestal *Corylus avellana* L. obtenido mediante reproducción vegetativa

J. A. RODRÍGUEZ-BARREAL, J. A. SAIZ DE OMEÑACA y J. ZAZO

Se ha logrado la inducción artificial de la micorrización, con *Tuber melanosporum* Vitt., de estaquillas de avellano (*Corylus avellana* L.) tras enraizamiento en medio estéril. Los ejemplares micorrizados desarrollan mejor el sistema radicular y sobreviven con más facilidad durante las etapas subsiguientes al enraizamiento, precisamente cuando más susceptibles son a la acción de diversos agentes de deterioro.

J. A. RODRÍGUEZ-BARREAL. Prof. Titular de Patología Forestal E.T.S. de Ingenieros de Montes U.P.M. Madrid.

J. A. SAIZ DE OMEÑACA. Prof. Titular de Biología Vegetal E.T.S. de Ingenieros de Montes U.P.M. Madrid.

J. ZAZO. Prof. Titular de Selvicultura. E.U.I.T. Forestal. U.P.M. Madrid.

Palabras clave: *Tuber melanosporum*, *Corylus avellana*, avellano, micorriza.

INTRODUCCION

El principal objetivo de este trabajo se relaciona con los efectos de la micorrización controlada (artificial) de plantas obtenidas por reproducción vegetativa de la especie de interés forestal *Corylus avellana* L., micorrización lograda por primera vez en España por los autores, y que supone una serie de ventajas en cuanto al estado fitosanitario y desarrollo, al menos durante las primeras etapas de éste; precisamente cuando más susceptibles son a los agentes deletéreos, tanto bióticos como abióticos.

El *Corylus avellana* L.: características principales e importancia económica

El avellano es un arbusto o arbolillo que unas escuelas botánicas incluyen entre las *Betulaceae*, en tanto que otras lo separan en familia aparte, *Corylaceae*. Es originario de Europa, Norte de Africa y Este asiático; su habitación o área geográfica natural se

extiende prácticamente a toda Europa, excepto en sus regiones más septentrionales, desde Andalucía y Sicilia al centro de Suecia y Noruega y desde Escocia hasta el Cáucaso, Norte de Africa y Asia Menor.

En España, que forma parte de su área natural, aparece en prácticamente todas las provincias españolas y resulta difícil afirmar donde es espontáneo y donde ha sido introducido por cultivo arbóreo. Puede encontrarse silvestre en la Cordillera Cantábrica y Pirineos, en el Moncayo (Zaragoza), en la Serranía de Cuenca, Sierra del Tremedal (Teruel), Valle del Lozoya (Madrid), Sierra de Aracena (Huelva) y distintos lugares de Galicia y de las provincias de Burgos, Logroño, Guadalajara, Granada y otras. Cultivado cada vez en mayor escala, dada su creciente importancia económica, puede hallarse en Cuenca, Valencia, Alicante, Murcia, Gerona, Lérida, Asturias, Cantabria y, sobre todo, Tarragona. Fray Luis de León, en alguno de sus escritos, le cita como *córido*, y en las distintas regiones españolas recibe los nombres de *avellaneiro* y *avaleiro* en



Fig. 1.—Plantas de *C. avellana* L. obtenidas de semilla (dcha.) y por estaquilla (izq.) de idéntica edad.

Galicia, *ablano* en Asturias, *auran* en el Valle de Arán, *avellaner* en Cataluña, *avellanera* en Aragón y *urra* en Vascongadas.

La estación o conjunto de factores ecológicos que constituyen el medio normal de vida del avellano, siguiendo la clasificación térmica de Köppen, va desde el clima templado al frío-templado y, desde el punto de vista de la humedad relativa y del factor de precipitación, del semiseco al húmedo. Cultivado, prefiere las llanuras, los valles y las laderas de las bajas montañas con clima templado en los pisos de vegetación bajo y montano de nuestras latitudes, con el óptimo entre 500 y 1.000 m. de altitud.

Silvestre puede hallarse hasta el piso subalpino, donde prefiere las pendientes con exposición solana, como en los Pirineos, localizado sobre los 1.500 m. Vive en todo tipo de suelos, más frecuentemente en los ácidos, indistintamente arenosos o calizos, pero siempre sueltos y lo más frescos posible.

Su temperamento es bastante robusto, comportándose como una especie típica de media luz, ya que, aunque soporta cubiertas, necesita de la luz, al encontrarse formando subpisos de bosque de otras especies. Es importante conocer, desde el punto de vista

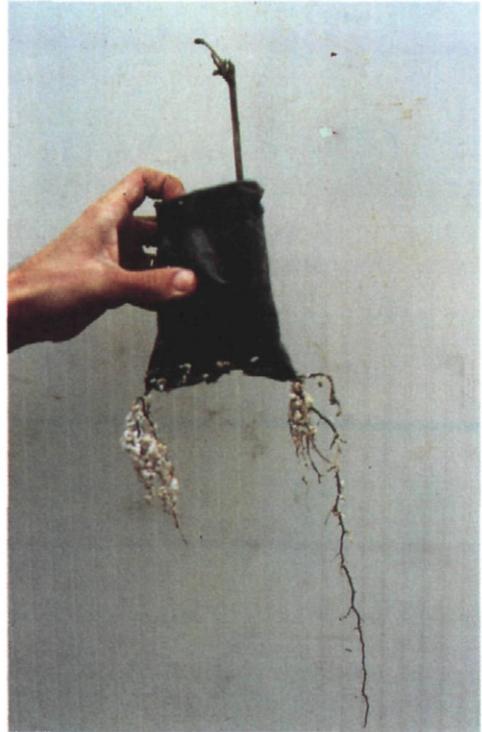


Fig. 2.—Planta de *Corylus avellana* L. cultivada en bolsa y micorrizada artificialmente, obtenida por reproducción vegetativa.

selvícola, que es de los primeros arbustos que se desarrolla sobre terrenos calizos desarbolados, con lo que puede contribuir de manera importante a la recuperación de tales superficies para el bosque.

Su porte es, generalmente, arbustivo, con alturas entre dos y siete metros, con forma de arbolillo cuando se acerca a la talla máxima. Su tronco suele estar dividido desde la cepa en abundantes ramas erectas, con copa de forma ovoidal irregular, cuando está aislado, muy tupida por sus grandes y características hojas.

En el enraizamiento inicial, durante los cuatro o cinco primeros años de vida, aparece una raíz central, corta, recta y con numerosas raicillas laterales; posteriormente se desarrollan abundantes raíces secundarias, de las que algunas alcanzan gran longitud, siendo más o menos cundidoras. Brota muy

bien de cepa y puede formar golpes trabados; sus raíces pueden dar numerosos renuevos.

Se trata de una especie de crecimiento rápido, que cuando procede de brotes de cepa o raíz acentúa su crecimiento en los primeros estadios de vida. Su longevidad se cifra entre los diez lustros y el siglo.

Desde el punto de vista fitosanitario, son escasas las plagas y enfermedades de origen biótico que lo afectan. No se conocen virus ni bacterias que lo dañen; no existen citas concretas de ataques de hongos, salvo en el caso de las especies que pueden producir daños en función de su gran facilidad de ataque a diversas especies forestales: *Armillaria mellea* (Vahl.) quel., hongo Basidiomiceto Himenial Agaricáceo del suelo que ataca al sistema radicular y llega a ocasionar la muerte de la planta, y *Nectria cinnabarina* (Tode.) Fr., hongo Ascomiceto Pirenial Agaricáceo que produce trombosis en los vasos leñosos de la albura, con lo que produce la muerte de ramas, ramillas e incluso, a veces, de toda la planta. En localizaciones muy específicas, alguna *Caprifoliaceae*, generalmente del género *Lonicera*, se arrollan alrededor de los tallos y llegan a producir algún daño. Entre los invertebrados, aparte de *Phytoptus avellanae* Nal., *Balaninus nucum* L., y *Leuzera pyrina* L. pueden citarse *Archips rosana* L., *Synanthedon myopaeformis* Bkh. y *Eulecanium coryli* L. (ALVAREZ, 1968; TORREL y BARRIOS, 1983; VIVES, 1968).

El avellano florece entre enero y abril y madura sus frutos entre agosto y octubre, todo ello, por supuesto, en función de su localización. La fructificación suele comenzar a partir de los ocho o diez años. Es un cultivo importante como frutal, por el gran valor nutritivo y gastronómico del fruto, tanto desde el punto de vista de la producción nacional como de la exportación a la Europa comunitaria; a partir de primeros de enero de 1989, suprimidos los aranceles por el Comité de Gestión de Frutas y Hortalizas de la Comunidad Económica Europea con siete años de adelanto sobre el calendario previsto, desaparece el trato preferencial, respecto a la producción española, antes dado a frutos secos norteamericanos. Puede afirmarse que no se esperan excesivos proble-

mas, ni a corto ni a largo plazo, para la comercialización de la producción nacional, que se estima en unas treinta mil toneladas (obtenida sobre una superficie de cultivo de una treinta y cinco mil hectáreas), de las que algo más de tres mil son exportadas.

En resumen, se trata de una especie importante, tanto desde el punto de vista de la diversidad de terrenos que puede ocupar como desde el económico-social. Esto nos incitó a realizar estudios tendentes al desarrollo de métodos que, además de incrementar la producción de plantas en el tiempo, consiguieran una mayor resistencia de éstas a agentes físicos y bióticos causantes de enfermedades.

Reproducción

En cuanto a la reproducción, cuando es por semilla suele ser lenta e insegura; la

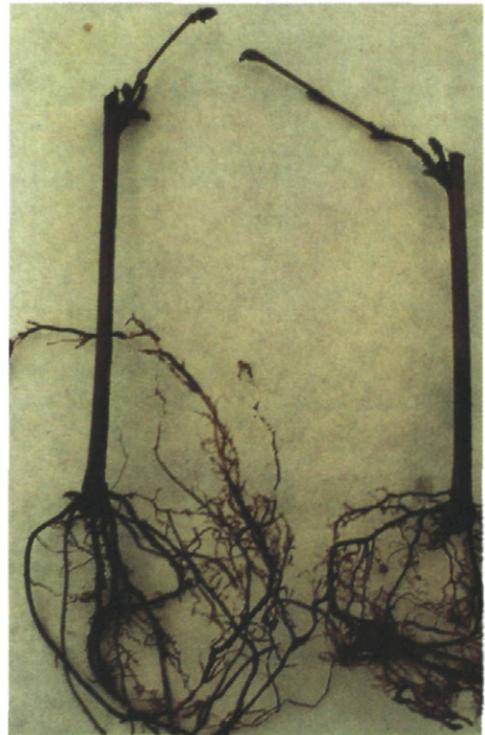


Fig. 3.—Plantas de *C. avellana* L. obtenidas por reproducción vegetativa, una sin micorrizar (dcha.) y otra micorrizada (izq.).



Fig. 4.—Detalle de sistema radical micorrizado de *C. avellana* L.

semilla (avellana) precisa una imbibición previa en agua durante 48 a 72 horas y resulta conveniente agrietar la cáscara y tratar con giberelina, estratificar o ambas cosas a la vez antes de sembrar. Esta es una de las razones por las que suelen utilizarse la reproducción por brote de cepa o raíz y el acodado. Tradicionalmente, las plantas nuevas se obtienen separando de una planta madre, elegida por su producción, vigor y estado sanitario, aquellos rebrotes que, con un cierto grosor, presenten raíces mejor desarrolladas; en países productores, como Francia o E.E.U.U. se tiende a utilizar el acodo simple o corte y recalce. No obstante, mediante la utilización de cámaras de nebulización, camas calientes y administración de auxinas (ácido indolbutírico, principalmente) es posible obtener, de forma rápida y relativamente sencilla, una cantidad elevada de plantas, a partir de un número reducido de pies madre. El más elevado coste de las instalaciones queda sobradamente compensado por el ahorro en horas de trabajo en cuanto el número de plantones a obtener es suficientemente grande.

De los métodos expuestos, sólo el acodo y el estaquillado permiten, en la práctica, un enraizamiento en medio estéril. Podría añadirse una tercera vía, basada en el cultivo *in vitro*, si no fuera porque aún no ha dado los resultados apetecidos (MENA *et al.*, 1986). El acodo presenta el inconveniente de ser

muy laborioso, además de resultar obligado el trabajo en el lugar donde se encuentren los pies madre y de estar más sometido a la climatología; el estaquillado permite no sólo una mayor uniformidad y un mejor estado sanitario del producto, sino también un mejor control de la morfología, tanto del sistema radicular como de la parte aérea, así como también permite evitar más fácilmente posibles errores en la identificación del clon o variedad.

A pesar de lo dicho, los resultados de estaquillado en avellano no han sido utilizados aún, en la práctica, y no sólo por la dificultad que pueda representar el difícil enraizamiento, sino por aspectos relacionados con el trasplante y posterior manejo en vivero del material enraizado. En cuanto a este último punto, creemos que la micorrización de la especie puede ser de gran importancia.

Aparte de lo dicho, de forma general se

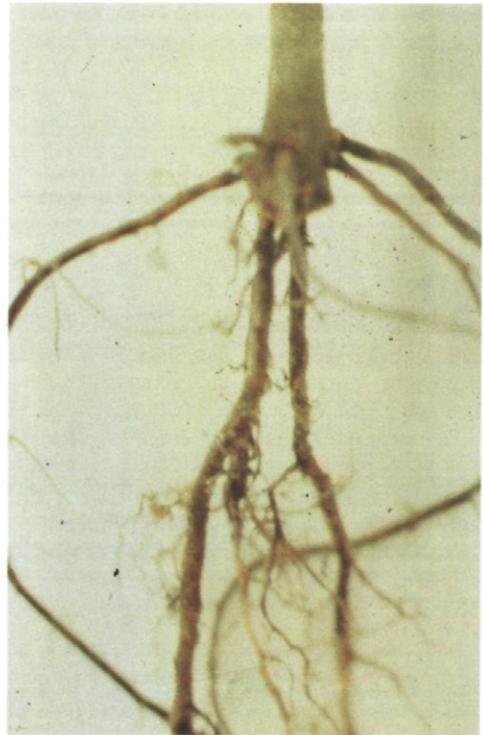


Fig. 5.—Detalle de la inserción de las raíces principales de *C. avellana* micorrizado.

reconoce que la micorrización del sistema radicular puede suponer las siguientes ventajas para la planta simbiote (en nuestro caso el avellano):

— Incremento de la formación de nuevas raíces, principalmente por emisiones hormonales del hongo de micorrización (DAVID *et al.*, 1983; GAY *et al.*, 1982; RUPP and MUDGE, 1985).

— Incremento de la resistencia de la planta micorrizada frente a la acción de diversos agentes abióticos de deterioro, tales como bajas temperaturas, «stress» hídrico, metales pesados en el suelo, etc., basándose principalmente en la inducción de un mejor desarrollo radicular (FRANCIET et BOULAY, 1981).

— Incremento de la resistencia de la planta micorrizada a la acción de diversos agentes bióticos de deterioro, como bacterias y hongos del suelo, al impedir su implantación, por la ocupación anterior de la rizosfera.

Seguidamente se comenta el proceso investigado, así como los resultados obtenidos.

MATERIALES Y METODOS

Como material vegetal, se partió de 440 estaquillas de *Corylus avellana* L., tomadas a primeros de mayo, de brotes de cepa cortados en el valle de la Iruela, situado a 1.100 m. de altitud, en la zona N.E. de la provincia de Madrid, cerca del límite con la de Guadalajara. Las estaquillas se clasificaron según su grosor en finas o normales, según tuviesen diámetro basal menor o mayor de 4 mm. y según su longitud en cortas (entre 6 y 7 cm.) o normales (entre 14 y 15 cm.).

La inducción del enraizamiento se efectuó sobre una cama caliente de perlita, en invernadero provisto de nebulización. La base de las estaquillas se trató con ácido sulfúrico y/o con auxina (Rhizopon AA, de ACF: ácido indol butírico al 1%, en talco), estableciéndose los correspondientes controles. No se practicaron tratamientos con fungicidas en momento alguno del proceso, a fin de no perturbar el posterior proceso de micorrización.

El proceso general seguido fue:

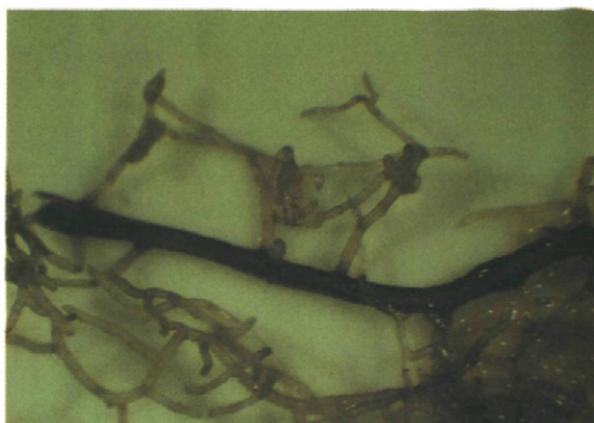


Fig. 6.—Detalle de madejas de raicillas micorrizadas de *C. avellana* L. (x 200).

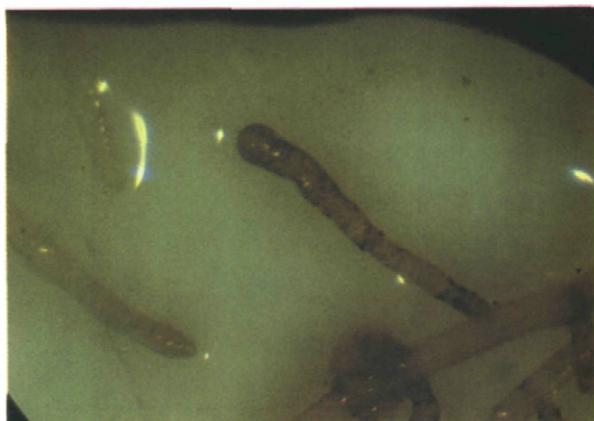


Fig. 7.—Detalle de raicilla de *C. avellana* L. micorrizada (x 250).

1. Inducción del enraizamiento de estaquillas, previamente tratadas, en material inerte.

2. Micorrización del sistema radicular obtenido con el hongo *Tuber melanosporum* Vitt., hongo de gran importancia económica.

En relación con el proceso de micorrización, se estudiaron los sistemas de MANNOZZI-TORINI, BENCIVENGA e I.N.R.A. El primero de los citados propone la inmersión, durante dos o tres días, del sistema radical en una solución esporífera del hongo obtenida a partir de 1.000 g. de trufa en 20 l. de agua, seguida por la colocación de la planta en

tierra, previamente esterilizada, procedente de zona trufera; las plantas deben mantenerse posteriormente en invernadero hasta unos seis u ocho meses después, cuando se trasplantan. Este sistema presenta una serie de inconvenientes, entre los que citaremos el letargo de las esporas y el que la infección micorrícica afecta particularmente a la raíz menos adecuada, la principal.

El segundo de los sistemas, semejante al anterior, emplea soluciones concentradas de esporas y presenta como innovaciones un inicial riego, con la solución esporífera citada, de la planta ya colocada en tierra estéril, el despunte de la raíz principal y un más tardío trasplante al terreno, hacia los ocho o diez meses. En nuestro caso no tiene sentido el despunte de la raíz principal.

El tercer sistema presenta como innovación la activación de las esporas del hongo mediante su estratificación, a cinco grados centígrados y durante cuatro meses, en tierra esterilizada empapada en etanol. A la activación por el frío sigue otra, enzimática, debida a la enzima helicosina, de erosión de las paredes de las esporas.

En nuestro caso particular, y teniendo en cuenta que la planta se ha obtenido vegetativamente por estaquilla, se procedió de la forma siguiente:

a) Detección del enraizamiento de la estaquilla, extrayéndola del medio estéril en que se encontraba.

b) Riego con 20 ml. de solución acuosa esporífera, sobre 100-120 ml. de un medio estéril (vermiculita, perlita, etc.) contenido en envase de plástico.

c) Colocación, sobre esta base, de una estaquilla cuya raíz se ha sometido previamente a una hora de inmersión en solución esporífera.

d) Deposición, sobre la raíz, de una capa de 1 cm. de grosor del citado medio estéril, seguida por un riego con 20-25 ml. de solución esporífera.

e) Colocación de una nueva capa de 3 cm. de medio estéril y nuevo riego, con igual cantidad de solución de esporas.

Tanto las plantas cuya micorrización se pretendía como las que se utilizaron como control se regaron una vez por semana con solución nutritiva Hoagland, diluida 1/10.

RESULTADOS Y DISCUSION

El comienzo del enraizamiento de las estaquillas se produjo al cabo de unos 60 días contados desde su colocación en la cama de enraizamiento, alcanzándose a los 100 días los valores reseñados en el Cuadro 1.

Cuadro 1.—Enraizamiento de estaquillas a los 100 días de su colocación en la cama de enraizamiento. Cuando no se indica el tamaño se trata de estaquillas de entre 14 y 15 cm. de longitud y más de 4 mm. de diámetro en la base

		Colocadas	Enraizadas	
			n	%
Sin IBA*	Sin ácido sulfúrico	20	0	0
		20	0	0
	Con ácido sulfúrico	120	36	30
		20	1	5
Con IBA*	Sin ácido sulfúrico	50	9	18
		10	0	0
	Con ácido sulfúrico	120	0	0
		20	0	0
		50	0	0
		10	0	0

* IBA: ácido indol butírico.

A comienzos del mes de julio se trató de inducir la micorrización del sistema radicular en nueve de las plantas procedentes de estaquillas, elegidas al azar, dejando las restantes como control; en septiembre, a los cinco meses de iniciado el proceso, puede ya observarse una buena micorrización en las plantas en que se trató de inducir. Por otra parte, se observa que tras pasar un cierto período de tiempo, principalmente durante los meses de julio y agosto, en los que casi diariamente se alcanzaron temperaturas de 40-42 grados centígrados, la mortalidad entre las plantas no micorrizadas alcanzó un 33%, mientras que entre las plantas micorrizadas afectó a sólo una planta (11,1%), lo cual es un indicio cierto del efecto positivo de la micorrización sobre las plantas sometidas a «stress».

En el mes de noviembre, a los siete meses de iniciado el proceso, se procedió al trasplante desde el medio inerte en que se encontraban a macetas con un «compost» de pH=7,5, conseguida mediante mezcla de arena, tierra de jardín y mantillo a partes iguales. Como consecuencia de dicha operación, se observó que la longitud media radicular de las plantas no micorrizadas varía entre 12 y 16 cm., mientras que en las micorrizadas supera los 34 cm. en todos los casos, llegando a alcanzar los 40, lo que sugiere la gran importancia que la micorrización supone para el desarrollo del sistema radicular y, consecuentemente, para toda la planta, lo cual se relaciona directamente con el estado fitosanitario. Por otra parte, también puede observarse un mejor desarrollo del sistema radical de las plantas micorrizadas en cuanto a las raíces secundarias se refiere; el gran número en que aparecen parece estar de acuerdo con los trabajos de GAY y colaboradores (1982),

según los cuales las ectomicorrizas producen un aumento de forma general en las raíces de las plantas micorrizadas, de ácido indol butírico, indol acético e indol propiónico, los cuales inducen a su vez una mayor micorrización.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se derivan de la investigación realizada son:

1) La reproducción por estaquilla de rebrotes de cepa de avellano proporciona un medio de obtener un mayor número de plantas en menor tiempo, manteniendo los caracteres genotípicos de las plantas donantes.

2) Mediante la micorrización realizada, a los seis años deben poderse alcanzar elevadas producciones de avellana y de trufa negra a la vez.

3) La micorrización de plantas de *Corylus avellana* L. obtenidas por estaquilla se logra a los cinco meses de iniciado el proceso, mucho antes que si se parte de semilla.

4) Mediante la micorrización del *C. avellana* L. debe lograrse una muy importante reducción de marras en plantas obtenidas por estaquilla, marras causadas por agentes bióticos o abióticos de deterioro, a la par que unos desarrollos radiculares muy superiores a los que presentan las plantas no micorrizadas.

5) Como consecuencia de todo lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la micorrización del *C. avellana* con el hongo Ascomiceto Tuberal *Tuber melanosporum* Vitt. presenta efectos positivos frente a las enfermedades, principalmente del suelo y durante los primeros años de su desarrollo, que pudieran afectar a esta especie forestal.

ABSTRACT

RODRÍGUEZ-BARREAL, J. A.; J. A. SAIZ DE OMEÑACA, J. ZAZO (1989): Efectos positivos de la micorrización controlada, con el hongo *Tuber melanosporum* Vitt., de la especie forestal *Corylus avellana* L. obtenido mediante reproducción vegetativa. *Bol. San. Veg. Plagas*, 15 (3): 207-214.

The formation of mycorrhizas with *Tuber melanosporum* Vitt. has been artificially induced on hazelnut stem cuttings rooted in a sterile medium. The specimens with this

mycorrhizal association develop a better root system and more easily survive the stages following rooting in the nursery, which is precisely when they are most susceptible to the action of various destructive agents.

Key words: *Tuber melanosporum*, *corylus avellana*, avellano, mycorrhiza.

REFERENCIAS

- ALVAREZ (1968): *Plagas y enfermedades del avellano*. Diez temas sobre frutos secos. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- DAVID *et al.* (1983): The structure of *Eucalyptus* mycorrhizas. *Austr. J. Bot.*, 13: 245-259.
- FRANCKET *et BOULAY* (1981): Micropropagation of frost resistant *Eucalyptus* clones. XIII International Botanic Congress, VIII/80. Sydney, Aust.
- GAY *et al.* (1982): Role des substances libérées pour les champignons ectomycoriziens dans la morphogénèse des systèmes racinaires. I.N.R.A. Dijon, mayo, 163-177.
- GONZÁLEZ VÁZQUEZ, E. (1947): *Selvicultura*. Ed. Dos-sat. Madrid.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. (1982): *Propagación de plantas*. Principios y prácticas. Cía. Editorial Continental. Mexico. 259-396.
- KUPP and HUDGE (1985): Ethephon and auxin induce mycorrhiza like changes in the morphology of root organ cultures of mugo pine. *Phys. Plant.* 64: 316-322.
- MENA *et al.* (1986): Avances e investigaciones en curso sobre propagación y viverismo en avellano. I Congreso Español de frutos secos, Reus. 117-135.
- TORRELL, A. y BARRIOS, G. (1983): Avellano. Nuevos problemas fitosanitarios. *Revista de Agricultura*, noviembre.
- VIVES, A. M. (1968): *Plagas y enfermedades del avellano y sus tratamientos*. Cámara Oficial Sindical Agraria, Tarragona.

(Aceptado para su publicación: 30 enero, 1989).