



V.- CONCLUSIONES:

- La variabilidad intraespecífica de *Pinus halepensis* Mill. es mucho mayor que la de *Pinus nigra* Arn., ya que *Pinus halepensis* Mill., presenta una heterogeneidad mucho mayor, sobre todo en los que respecta a los índices de biomasa (PSA, PSR y PST). Estos índices recogen mejor las posibles diferencias que pudieran existir y que variables morfológicas como la altura y el diámetro no pudieran recoger. Por tanto *Pinus halepensis* Mill. muestra mucha más sensibilidad a las variaciones de cultivo. Cambios generales en las condiciones climáticas, o diferencias más localizadas, como pueda ser la orientación del cultivo, aparición de zonas más o menos sombreadas, mayor o menor incidencia del agua de riego... se traducen en diferencias evidentes en la morfología de las plantas de esta especie. Sin embargo *Pinus nigra* Arn., es una especie mucho menos plástica, ya que a igualdad de condiciones de cultivo la variabilidades registradas son prácticamente inexistentes durante todo el periodo de cultivo. Por lo tanto se recomienda extremar las precauciones en lo referente a la ubicación de los cultivos, sobre todo si nos referimos a *Pinus halepensis* Mill., procurando evitar factores que constante o periódicamente le pudiera afectar.

- Estas especies se caracterizan morfológicamente por:

Pinus halepensis Mill. presenta mayor altura que *Pinus nigra* Arn. a lo largo de todo el cultivo, sin embargo estas especies no se diferencian estadísticamente hasta que no alcanzan los 136 días desde el semillado. *Pinus halepensis* Mill. no presenta síntomas de saturación en altura al final del periodo de cultivo (226 días después del semillado), mientras que *Pinus nigra* Arn. alcanza su máxima altura, cuando transcurren 196 días desde el semillado.

Pinus nigra Arn. presenta mayor diámetro durante todo el periodo de cultivo que *Pinus halepensis* Mill., comenzando ambas especies a diferenciarse con significación estadística a partir de los 91 días después del semillado. La evolución del incremento en diámetro es creciente en todo momento, no apreciándose que en ningún momento a lo largo de todo el periodo de cultivo que este crecimiento se estabilice aunque sea transitoriamente en alguna fase del ensayo. Ninguna de las dos especies presenta síntomas de saturación en diámetro al final del periodo de cultivo.

El número de ramas emitidas es mucho más abundante en *Pinus halepensis* Mill. distribuyéndose éstas a lo largo de todo el tallo. En *Pinus nigra* Arn., además de ser una cantidad menor, las ramas se sitúan habitualmente en la base del tallo, justo por encima de la inserción de los cotiledones. Aparecen 136 días después del semillado y aproximadamente al mismo tiempo en las dos especies.

En cuanto a los índices de biomasa (PSA, PSR, y PST), *Pinus nigra* Arn. presenta mayor biomasa que *Pinus halepensis* Mill durante todo el periodo de cultivo, siendo los incrementos en biomasa crecientes en todo momento de principio a fin del ensayo. En lo que respecta a los ratios PSA y PST lo resultados indican que ambas especies tienden a reducir las diferencias que puedan existir entre ellas y adquirir valores similares. En PSR, la diferencia adquirida en las dos especies en los primeros momentos del periodo de cultivo se mantienen aproximadamente constantes durante todo el ensayo. Ninguna de las dos especies presenta saturación en incremento de biomasa al final del periodo de cultivo.



Los coeficientes de esbeltez de *Pinus halepensis* Mill. son mucho más altos que los de *Pinus nigra* Arn., llegando a ser el coeficiente de esbeltez de *Pinus halepensis* Mill. un 50 % superior al de *Pinus nigra* Arn.. Estas especies comienzan a diferenciarse con respecto a este factor, estadísticamente hablando, a partir de los 91 días después del semillado.

En *Pinus nigra* Arn. los ratios PSA/PST y PSA/PSR decrecen a lo largo de todo el periodo de cultivo, mientras que en *Pinus halepensis* Mill., estos índices decrecen hasta 121 días después del semillado, para luego mantenerse más o menos estables hasta el final del ensayo. Los valores de PSA/PSR para *Pinus halepensis* Mill. se sitúan en torno a 1.5, valor óptimo (según bibliografía consultada), mientras que en *Pinus nigra* Arn., alcanza 1.2, considerándose esta cifra, también como adecuada.

Pinus halepensis Mill., presenta un altura del sistema radical algo mayor que *Pinus nigra* Arn., pero en ambas especies los valores alcanzados son muy similares, situándose la ocupación longitudinal del cepellón en niveles altos (70 – 75 %)

A la hora de la finalización del ensayo los valores del índice de Dickson presentan tendencia creciente, y aunque este índice no está diseñado para comparar especies, podemos decir que *Pinus nigra* Arn. presenta significativamente valores más altos de este índice, lo que quizá podría indicarnos que esta especie presenta un ratio más equilibrado que *Pinus halepensis* Mill.

Las dos especies presentan unos ritmos de crecimiento muy parecidos, ya que, la tasa de crecimiento relativo, el incremento de la tasa de crecimiento relativo y el ratio de peso radical se comportan de una manera prácticamente igual durante todo el ensayo en ambas especies.

Pinus halepensis Mill. tiene una disponibilidad de nitrógeno mayor que *Pinus nigra* Arn. durante todo el cultivo, sin embargo es *Pinus nigra* Arn. la especie que presenta una mayor eficacia en el uso del nitrógeno hasta principios de agosto. Al final del ensayo la eficiencia en el uso del nitrógeno alcanza niveles similares en ambas especies.

Pinus halepensis Mill. tiene una tasa de crecimiento relativo en función del contenido en nitrógeno mayor que *Pinus nigra* Arn. al principio y al final del periodo de cultivo, creciendo en este caso más *Pinus nigra* Arn. durante los meses de verano.

Ambas especies presentan un nivel casi exacto de micorrización después de 226 días de cultivo, sin embargo la distribución espacial de éstas es diferente en cada especie. En *Pinus halepensis* Mill. la mayoría de las dicotomías se sitúan en la parte central del cepellón, mientras que en *Pinus nigra* Arn. son más abundantes en el tercio inferior del cepellón.

La abundancia de puntas blancas al final del ensayo, es muy similar en ambas especies, siendo éstas algo más abundantes en *Pinus halepensis* Mill. La distribución de estas puntas blancas, se localizan mayoritariamente en los dos tercios inferiores del cepellón.



Pinus nigra Arn. comienza a formar la mayoría de las yemas entre 196 y 211 días después del semillado, justo quince días después de que esta especie alcance su valor máximo en altura.

- Con respecto al estado nutritivo de *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus nigra* Arn., podemos decir:

La evolución de la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, de la parte aérea y de la parte radical, es prácticamente igual en *Pinus halepensis* Mill. y en *Pinus nigra* Arn.

La evolución de la concentración de nitrógeno y fósforo de la parte aérea y radical es exacta tanto en la parte aérea como en la parte radical, siendo ésta decreciente a lo largo del cultivo. Las mayores pérdidas de estos elementos se dan durante los dos primeros meses de cultivo.

El potasio se transloca de la parte radical a la parte aérea durante los meses de verano, estimándose este hecho en la necesidad de potasio en la parte aérea para el control de la transpiración y por tanto reducir el estrés hídrico. Al final del ensayo el potasio empieza a acumularse en la parte radical, llegándose a una situación de equilibrio en las concentraciones de este elemento en la parte aérea y en la parte radical en *Pinus halepensis* Mill. y en *Pinus nigra* Arn.

El calcio tiende a acumularse durante todo el cultivo tanto en la parte aérea como en la parte radical en ambas especies, y como en el caso del potasio, tiende a equilibrarse en ambas partes al final del ensayo. La concentración del calcio radical que el calcio aéreo en las dos especies, además los valores obtenidos se encuentran por encima de los valores considerados óptimos para coníferas. Esto puede ser debido al hecho de no haber descalcificado el agua de riego, produciéndose un acúmulo de calcio en los tejidos de las plantas.

Las concentraciones de magnesio en *Pinus halepensis* Mill. y en *Pinus nigra* Arn. decrecen en la parte aérea hasta transcurridos tres meses y medio después del semillado, para a continuación crecer hasta el final del ensayo. En la parte radical la reducción en la concentración de magnesio se alarga hasta los cuatro meses y medio después del semillado, para a continuación crecer hasta igualar su concentración con la de la parte aérea.

Tanto en *Pinus halepensis* Mill. como en *Pinus nigra* Arn., las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, y magnesio son mayores en la parte aérea que en la parte radical, con excepción del caso del elemento calcio, cuya concentración es mayor en la parte radical. Las concentraciones al final del cultivo de estos elementos, se encuentran en los rangos óptimos descritos en la literatura, con la excepción de las concentraciones de fósforo, tanto de la parte aérea como de la parte radical, en ambas especies.

En lo que respecta a las concentraciones entre especies, para el conjunto de la planta, en general y para todo el periodo de cultivo, *Pinus halepensis* Mill. presenta mayores concentraciones de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, mientras que *Pinus nigra* Arn. supera a *Pinus halepensis* Mill. en concentración de potasio.



De las tablas de consumos de nutrientes deducimos que en *Pinus halepensis* Mill. es conveniente aumentar la dosis de nitrógeno y potasio durante los dos primeros meses de cultivo, en fósforo entre los 2 y los 3,5 meses después del semillado, y nuevamente en nitrógeno entre los 5,5 y los 6,5 meses después del semillado, ya que es en estos periodos donde se han detectado pérdidas de estos nutrientes.

En *Pinus nigra* Arn., solo es necesario aumentar las dosis de nitrógeno y fósforo durante los dos primeros meses de cultivo.

Por tanto podemos concluir que dadas las mismas condiciones de cultivo *Pinus nigra* Arn., es genéricamente menos exigente en cuanto a cantidad de fertilizantes que *Pinus halepensis* Mill.

- En lo referente a los crecimientos, podemos decir:

El crecimiento en altura de *Pinus halepensis* Mill., es en general mayor que el de *Pinus nigra* Arn. Al final del periodo de cultivo, *Pinus halepensis* Mill. no detiene su crecimiento en altura de la parte aérea, mientras que *Pinus nigra* Arn., lo hace 5,5 meses después del semillado. En *Pinus halepensis* Mill. se dan las mayores tasas de crecimiento en altura cuando las temperaturas medias superan los 23°C, dándose tasas de crecimiento en altura irregulares, cuando la radiación diaria acumulada supera los 135 mol/m²*s.

En *Pinus nigra* Arn. el crecimiento en altura se detiene cuando el fotoperiodo se reduce hasta los 118 mol/m²*s, mientras que la formación de las yemas se produce cuando la radiación acumulada desciende hasta los 85 mol/m²*s. Las mayores tasas de crecimiento en altura se dan cuando la radiación diaria máxima se sitúa en torno a los 1250 μmol/m²*s, mientras que este crecimiento es mínimo cuando la radiación diaria máxima alcanza los 2000 μmol/m²*s.

El crecimiento en diámetro evoluciona de manera muy similar en ambas especies. En *Pinus halepensis* Mill. los periodos en los que se produce el crecimiento en diámetro se alternan con los momentos en los que se da crecimiento en altura durante los tres primeros meses de cultivo, adquiriendo el mismo ritmo de crecimiento a partir de esos momentos y hasta el final del ensayo. Los mayores crecimientos de estas variables se dan en *Pinus halepensis* Mill., cuando la temperatura máxima se sitúa entre los 22 y los 27°C y con más de 1600 μmol/m²*s de radiación máxima.

En *Pinus nigra* Arn. la paralización del crecimiento en diámetro, se induce por la reducción de la radiación máxima y acumulada, y de la temperatura máxima. En esta especie, los mayores crecimientos en diámetro se producen cuando la temperatura media supera los 22°C y la radiación media se sitúa en torno a los 850 μmol/m²*s.

La evolución de las tasas de crecimiento en biomasa son prácticamente idénticas en *Pinus halepensis* Mill. y en *Pinus nigra* Arn., no apreciándose síntomas de saturación transcurridos al final del periodo de cultivo. Las variables climáticas que inducen mayores crecimientos en biomasa, se detallan en las siguientes tablas:



	<i>Pinus halepensis</i> Mill.				
	RAD. acumulada	RAD. media	T. máxima	T. media	H. máxima
PSA	135-160 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$		25-27°C		
PSR		>600 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$		20-23°C	40-60 %
PST		>600 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$			

	<i>Pinus nigra</i> Arn.			
	RAD. acumulada	RAD. media	H. máxima	H. media
PSA	135-160 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$			
PSR		>600 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$	40-60 %	< 40 %
PST		>600 $\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$		

En ambas especies, la reducción del fotoperiodo y del régimen térmico inducen a la reducción del crecimiento en biomasa.

Podemos decir que *Pinus halepensis* Mill. crece durante más tiempo que *Pinus nigra* Arn., siendo también más prolongadas en *Pinus halepensis* Mill., las fases de crecimiento rápido.