

2.2.3. DISCUSIÓN.

Una vez realizado el análisis de estadístico de las concentraciones, y comparando los valores obtenidos para los distintos tratamientos, con los valores de los rangos óptimos de concentración de nutrientes en tejidos vegetales para plantas en contenedor.

Elemento.	Rango (%).	Elemento.	Rango (%).
Nitrógeno.	1.20 - 2.00	Nitrógeno.	1.05 - 1.76
Fósforo.	0.10 - 0.20	Fósforo.	0.08 - 1.18
Potasio.	0.30 - 0.80	Potasio.	0.26 - 0.70
Calcio.	0.20 - 0.50	Calcio.	0.18 - 0.44
Magnesio.	0.10 - 0.15	Magnesio.	0.08 - 0.13

Rangos adecuados de nutrientes en tejidos vegetales de la parte aérea. Tomada de Landis 1996.

Rangos adecuados de nutrientes en tejidos vegetales del sistemas radicales. La concentración en nutrientes en el sistema radical es aproximadamente el 88% de la concentración en la parte aérea. Oliet, (1996).

Vemos que los tratamientos con mayor concentración de nitrógeno, en la parte aérea, son el tratamiento nueve, el diez y el doce, siendo los tratamientos dos y cuatro los que presentan menor valor. En el caso del sistema radical, el mayor valor de concentración de nitrógeno, lo presenta el tratamiento once y los tratamientos uno y tres, los que menor valor tienen.

Hay que tener en cuenta que tanto en los valores obtenidos en la primera, como en los obtenidos en la segunda medición, la concentración de nitrógeno es mayor en la parte aérea que en el sistema radical, siendo las concentraciones de este elemento, mayores en la primera medición, es decir con mayor porcentaje de nitrógeno en la planta en los primeros meses, lógico porque está en crecimiento y en pleno aporte.

Comprobando los valores correspondientes a la segunda medición con los rangos adecuados, de concentración de este elemento en los tejidos vegetales de la parte aérea, vemos que los tratamientos 5,8,9,10,11 y 12, están dentro del rango (1.2 - 2.0). En cuanto a la concentración de este elemento en el sistema radical, solo los tratamientos 8,9,10,11 y 12, se encuentran dentro del rango adecuado de concentración de este elemento en los tejidos del sistema radical, siendo el tratamiento once el que presenta el valor más cercano al valor máximo del rango (1.05 - 1.76).

La concentración de fósforo, tanto en el sistema radical como en la parte aérea, también es mayor en la primera medición, siendo en ambas mediciones mayor la concentración de este elemento en la parte aérea. En cuanto a la evolución se observan grandes diferencias en la asimilación del fósforo durante el crecimiento y luego claramente se estabiliza y se ve como su concentración en tejidos está íntimamente relacionada con el aporte, aumentado la concentración al aumentar el aporte. En ambos casos es mayor la concentración del elemento en la parte aérea.

En la segunda medición, el tratamiento tres es el que presenta mayor valor de la variable fósforo en la parte aérea y los tratamientos nueve y diez presentan los menores valores. Estando todos los tratamientos dentro del rango adecuado de concentración de este elemento, ninguno supera el máximo, (0.1 - 0.2).

Los tratamientos con mayores valores de la concentración, del mismo elemento en el sistema radical, son el tratamiento once y el doce, y el menor valor es el que corresponde al tratamiento cinco. Los tratamientos a los que se les aportó el nivel más bajo de fósforo, P1, no llegan al nivel mínimo de fósforo en el sistema radical, (0.26 - 0.70), en cambio los que recibieron el nivel, P2, si que se encuentran dentro de este rango.

Al igual que en el caso de los dos elementos anteriores, en la concentración de potasio, se observan mayores valores, tanto de la parte aérea como del sistema radical, en la primera medición, presentando la concentración, en la parte aérea, una mayor diferencia entre tratamientos, que la correspondiente al sistema radical.

En la concentración de potasio, en el sistema radical, de la segunda medición la diferencia entre los valores de los distintos tratamientos es más pequeña que en el caso de la parte aérea, aunque en ambos casos las diferencias entre el valor más alto y el más bajo son aproximadamente de 0.05. En ambas variables las diferencias entre tratamientos no son

significativas. A esto hay que añadir que en el caso de la concentración de potasio en la parte aérea, todos los tratamientos están dentro del rango adecuado, (0.3 - 0.8), ocurriendo lo contrario en el caso de la concentración de este elemento en el sistema radical, encontrándose todos los tratamientos por debajo del rango adecuado, (0.26 - 0.70).

En el caso de la concentración de calcio en los tejidos ocurre lo contrario que en los tres elementos anteriores, los valores de la concentración de este elemento en el sistema radical, tanto en la primera como en la segunda medición realizada, son mayores que los correspondientes a la parte aérea, siendo también los valores correspondientes a la segunda medición mayores a los de la primera, es decir que con el tiempo han aumentado las concentraciones de este elemento, un comportamiento totalmente distinto al de los otros elementos. Además las diferencias entre tratamientos de este elemento, en la parte aérea, son mucho menores que las diferencias en los valores del sistema radical, teniendo los tratamientos tres, once y doce los valores más altos de concentración de calcio, en la parte aérea y el nueve el valor más bajo de la misma, en el caso de la concentración de este elemento en el sistema radical, el valor más alto lo tiene también el tratamiento tres y el valor más bajo el tratamiento once. Las diferencias entre los tratamientos en estas dos variables no son significativas.

Si nos fijamos en los valores de los rangos adecuados, de estas dos variables, podemos ver que todos los tratamientos están dentro del rango adecuado, en el caso de la concentración de calcio en la parte aérea (0.2 - 0.5), pero en el caso de la concentración en el sistema radical todos los tratamientos están por encima del rango adecuado, (0.18 - 0.44). Presentando por tanto todos los tratamientos un exceso de calcio en el sistema radical, este exceso puede ser debido a la acumulo de calcio en el sustrato debido al agua de riego, que a pesar de que fue descalcificada parcialmente pudiera ser que el contenido de este elemento siguiera siendo alto.

De la evolución de la concentración de calcio en el sistema radical en todos los tratamientos se observa que puede existir una cierta interacción negativa con el potasio. El exceso de calcio puede producir deficiencias de otros nutrientes, el exceso de calcio puede producir deficiencias de potasio. (Landis, 1996).

Los valores de las concentraciones de magnesio, en la primera medición, en la parte aérea y mayormente en el sistema radical, varían mucho respecto de los distintos

tratamientos, pasando de valores muy altos y por encima de los valores publicados por distintos autores, para distintas especies, a valores muy bajos, esto puede ser debido al crecimiento del sistema radical, que aún no está bien desarrollado.

En el caso de la segunda medición si se puede apreciar claramente que los valores de la concentración de este elemento, en la parte aérea son mayores que los del sistema radical, pero las diferencias entre los tratamientos de estas dos variables no son significativas. En todos los tratamientos se observa que los valores de la concentración de magnesio, tanto en la parte aérea como en el sistema radical se encuentran por encima de los rangos adecuados de este elemento, encontrándose este elemento en exceso. Según algunos autores el exceso de magnesio puede inducir deficiencias de otros nutrientes, sobre todo calcio y potasio, (Landis, 1996.; González, et al, 1976).

La deficiencia de potasio en el sistema radical puede ser por tanto debida al exceso de calcio en el sistema radical y al exceso de magnesio en los tejidos.

Con todo esto y con los resultados del análisis de varianza respecto de los tres factores, nitrógeno, fósforo y potasio aportados, aunque en algunos casos no hay diferencias significativas, se observa que al aumentar la dosis de nitrógeno, hay un aumento en las concentraciones de los siguiente elementos: nitrógeno, tanto en el sistema radical como en la parte aérea; potasio, en el sistema radical; fósforo, en el sistema radical. En el resto de las variables sucede lo contrario, a mayor dosis de nitrógeno, menor valor de las concentraciones.

En cuanto a la influencia, de las distintas dosis de fósforo, podemos decir que respecto de este factor se aprecian diferencias significativas en la concentración de fósforo, tanto en la parte aérea como en el sistema radical, así como en la concentración de calcio, en la parte aérea, al aumentar las dosis de fósforo aportados aumentan las concentraciones de los mismos.

La concentración de potasio en la parte aérea aumenta al aumentar la dosis de este elemento, al igual que sucede con el potasio radical, aunque en este último no se observen diferencias significativas respecto de este factor.

En relación con el factor tratamiento solo hay diferencias significativas en el nitrógeno y en el fósforo, tanto en la parte aérea como en el sistema radical, en las otras

variables no hay diferencias significativas, lo que implica que los distintos tratamientos no influyen de manera significativa en las concentraciones de estos elementos.

Tras realizar el análisis multivariante respecto del tratamiento, con las variables nitrógeno de la parte aérea, índice de Dickson y la relación PSA/PSR se obtuvieron diferencias significativas, en el caso de la concentración de nitrógeno en la parte aérea y en la relación PSA/PSR, lo que quiere decir que el factor tratamiento influye conjuntamente en las dos variables, pudiendo utilizarlas conjuntamente como una única variable.

Hemos evaluado la concentración, de los distintos elementos, en los tejidos vegetales, según los distintos tratamientos y hemos visto los posibles efectos que producen las diferentes dosis aportadas en las concentraciones, pero también es interesante conocer el contenido total de los distintos elementos en las plantas y ver la variación de estos contenidos según las diferentes dosis aportadas. En el anexo nº 2, se recogen los valores de los contenidos totales de los elementos nitrógeno fósforo y potasio.

Si relacionamos el aporte de nitrógeno, fósforo y potasio realizado, según los distintos tratamientos, con el crecimiento de las plantas, la concentración y el contenido total de estos elementos, podemos ver el consumo y el efecto de estos nutrientes sobre la plantas.

Basándonos en la gráfica y en la tabla propuestas para *Pinus resinosa*, cultivado en envase por Timmer, (1991), podemos ver en que momento estamos según la variación del crecimiento de la planta, (PST); de la concentración de nutrientes, (%) y el contenido total (mg.) de los distintos tratamientos respecto del elemento aportado.

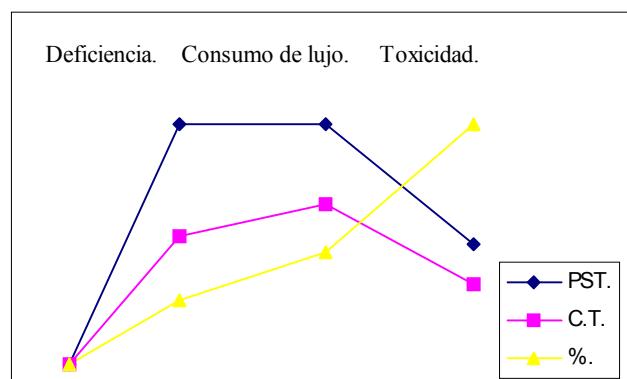


Figura tomada de Timmer, (1991).

Interpretación.	Cambios en la planta.		
	Crecimiento.	Nutrientes.	
		Concentración.	Contenido total.
Deficiencia.	+	+	+
Dilución.	+	-	0
Antagonismo.	+	-	-
Sinergismo	+	-	+

Timmer 1991.

Para ver el efecto del nutriente dejamos fijos los otros dos nutrientes y variamos el que nos interesa, comprobando en el gráfico y en la tabla en el lugar que estamos. De esta manera podemos tener una idea de el efecto que están produciendo los distintas dosis de los nutrientes en las plantas, si hay deficiencia, toxicidad, consumo de lujo, etc. y ver que combinaciones de elementos son las más adecuadas.

A continuación representamos las tablas correspondientes a la variación del factor nitrógeno, dejando fijos los factores fósforo y potasio, para poder ver el efecto de este nutriente en la evolución de la planta según los distintos tratamientos.

(P1 K1)		PST.	% N.	C.T.	
N1	T1	2.615	1.07	27.91	
N2	T5	2.878	1.14	32.79	
N3	T9	3.222	1.29	39.91	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.
(P1 K2)		PST.	% N.	C.T.	
N1	T2	3.029	1.05	31.69	
N2	T6	2.742	1.08	29.62	
N3	T10	3.067	1.23	37.68	
		≈	↑	↑	PODRÍA SER CONSUMO DE LUJO.
(P2 K1)		PST.	% N.	C.T.	
N1	T3	2.786	1.05	29.24	
N2	T7	3.051	1.09	33.33	
N3	T11	3.293	1.20	39.56	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.
(P2 K2)		PST.	% N.	C.T.	

N1	T4	2.779	1.08	29.90	
N2	T8	2.816	1.12	32.66	
N3	T12	3.470	1.20	41.59	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.

Una vez comprobados todos los datos, tanto en la gráfica como en las tablas anteriormente representadas, vemos que en caso del factor nitrógeno en ningún tratamiento se produce antagonismo o toxicidad, sino que en todos los casos nos encontramos en la zona de deficiencia, citada por Timmer, (1991) para *Pinus resinosa*, la planta sigue creciendo y aumentando la concentración y el contenido de nitrógeno en sus tejidos a medida que aumentamos la dosis de nitrógeno aportada, con lo cual aún se podría seguir aportando más dosis de nitrógeno con los niveles de fósforo y potasio testados en este ensayo.

A continuación presentamos las tablas correspondientes fósforo, para lo cual mantenemos fijos los valores de nitrógeno y potasio aportados.

(N1 K1)		PST.	% P.	C.T.	
P1	T1	2.615	0.12	3.09	
P2	T3	2.786	0.16	4.56	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.

(N1 K2)		PST.	% P.	C.T.	
P1	T2	3.029	0.12	3.49	
P2	T4	2.779	0.15	4.19	
		↓	↑	↑	CONSUMO DE LUJO.

(N2 K1)		PST.	% P.	C.T.	
P1	T5	2.878	0.10	2.99	
P2	T7	3.051	0.16	4.87	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.

(N2 K2)		PST.	% P.	C.T.	
---------	--	------	------	------	--

P1	T6	2.742	0.11	2.99	
P2	T8	2.816	0.15	4.31	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.
(N3 K1)		PST.	% P.	C.T.	
P1	T9	3.222	0.11	3.53	
P2	T11	3.293	0.16	5.42	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.
(N3 K2)		PST.	% P.	C.T.	
P1	T10	3067	0.11	3.23	
P2	T12	3.468	0.17	5.42	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.

En el caso de la variación de los niveles de fósforo una vez comprobados todos los datos, tanto en la gráfica como en las tablas anteriormente representadas, vemos que en caso de este factor en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento cuatro, se produce deficiencia de este factor. En el tratamiento cuatro se podría hablar de un consumo de lujo por lo que no convendría aumentar las dosis de fósforo para los niveles de N1 y K2. Podríamos por tanto decir que excepto con dosis de N1 y K2 podríamos aumentar las dosis de fósforo para las dosis testadas en el ensayo, ya que si aumentamos la dosis de fósforo la planta sigue creciendo y aumentando la concentración y contenido total de nutrientes en sus tejidos.

En último lugar representamos las tablas correspondientes al factor potasio, variando este factor y dejando los otros dos fijos, vemos la evolución del crecimiento, concentración y contenido total de los distintos tratamientos.

(N1 P1)		PST.	% K.	C.T.	
K1	T1	2.615	0.36	9.33	
K2	T2	3.029	0.40	12.13	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.
(N1 P2)		PST.	% P.	C.T.	
K1	T3	2.786	0.40	11.03	

K2	T4	2.779	0.45	12.49	
		≈	↑	↑	CONSUMO DE LUJO.
(N2 P1)		PST.	% K.	C.T.	
K1	T5	2.878	0.38	10.89	
K2	T6	2.742	0.41	11.33	
		↓	↑	↑	CONSUMO DE LUJO.
(N2 P2)		PST.	% K.	C.T.	
K1	T7	3.051	0.40	12.09	
K2	T8	2.816	0.40	11.20	
		↓	=	↓	TOXICIDAD.
(N3 P1)		PST.	% K.	C.T.	
K1	T9	3.222	0.38	12.39	
K2	T10	3.067	0.42	12.95	
		↓	↑	↑	CONSUMO DE LUJO.
(N3 P2)		PST.	% K.	C.T.	
K1	T11	3.293	0.39	12.96	
K2	T12	3.470	0.44	15.09	
		↑	↑	↑	DEFICIENCIA.

Respecto de la influencia de la variación del factor potasio podemos decir que en los tratamientos uno, dos y doce se produce deficiencia de este elemento, es decir que con las dosis de nitrógeno y fósforo de estos tratamientos podemos aumentar todavía más la dosis de potasio aportado, puesto que la planta sigue creciendo e incrementando sus niveles de nutrientes en tejidos. En el caso del tratamiento cuatro, seis y diez se produce un consumo de lujo, la planta no crece más pero sigue asimilando los nutrientes. No conviene aumentar más las dosis de potasio para los niveles de nitrógeno fósforo correspondientes a cada tratamiento. El tratamiento con N2, P2, K2, presenta toxicidad en cuanto al potasio.

A continuación vamos a ver que valores o rangos de las relaciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio y fósforo potasio, pueden ser los más adecuados, para ver estas relaciones en la siguiente tabla representamos los valores de estas relaciones según los

distintos tratamientos así como las relaciones existentes que hemos encontrado anteriormente.

Para hallar las relaciones utilizamos los mg/planta reales que han sido aportados en cada tratamiento durante todo el ensayo.

T.	N.	P.	K.	N/P		N/K		K/P
1	34.2	23.75	47.5	1.44	D	0.72	D	2
2	34.2	23.75	95	1.44	D	0.36	D	4
3	34.2	47.5	47.5	0.72	D	0.72	D	1
4	34.2	47.5	95	0.72	C.L.	0.36	C.L.	2
5	57	23.75	47.5	2.40	D	1.2	D	2
6	57	23.75	95	2.40	C.L.	0.6	D	4
7	57	47.5	47.5	1.2	D	1.2	D	1
8	57	47.5	95	1.2	T.	0.6	D	2
9	114	23.75	47.5	4.8	D	2.4	D	2
10	114	23.75	95	4.8	C.L.	1.2	D	4
11	114	47.5	47.5	2.4	D	2.4	D	1
12	114	47.5	95	2.4	D	1.2	D	2

T= Tratamiento; N=Dosis real de nitrógeno aportada en cada tratamiento, (mg./planta); P= Dosis real de fósforo aportada en cada tratamiento, (mg./planta); K= Dosis real de potasio aportada en cada tratamiento, (mg./planta); D.=Deficiencia; C.L.=Consumo de lujo; T=Toxicidad.

Parece ser que las relaciones $K/P = 1$ son las relaciones más estables y en las que no se producen ni fenómenos de consumo de lujo ni de toxicidad.

Con el nivel más alto de potasio es en donde se producen fenómenos de toxicidad y consumo de lujo.

El tratamiento cuatro tiene más concentración de potasio en su parte aérea que ningún tratamiento, esto podría ser beneficioso, puesto que está dentro de consumo de lujo, para evitación de la sequía, esto se comprobará en campo, En los demás tratamientos en los que se aprecia consumo de lujo, el seis y el diez, no se manifiesta este consumo con niveles más altos en la concentración de potasio.