

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN LENTEJA

(*Lens culinaris* Medik.)¹

Effect of plant density on yield and yield components in lentil (*Lens culinaris* Medik.)

Enrique Peñaloza H.² y Mario Mera K.²

SUMMARY

During the 1982/83 and 1983/84 growing seasons, fourteen sowing densities of the Araucana-INIA cultivar, ranging from 44 to 440 seeds/m², were evaluated in the IX Region of Chile.

A significant increase on grain yield with increasing sowing density was observed in the 1982/83 season. The response was fitted to the function $Y = 18.83 + 0.048X - 0.0001X^2$ ($R^2 = 0.84$ **). During 1983/84, however, no significant effect of plant density on grain yield was found.

The number of pods/plant was the yield component more affected by plant densities. Its response was consistent over the years and it was similar in tendency to yield/plant. The mayor changes in the expression of this component was observed between 44 and 170–200 plants/m²; over this range, the response was almost constant and therefore, less affected by plant competition. The 100 seed-weight was affected only during the 1983/84 season, in which a linear reduction in its expression was observed. The number of seeds/pod was unaffected by plant densities in both years.

INTRODUCCION

De acuerdo a los resultados de estudios realizados bajo las más diversas condiciones agroecológicas, no se visualiza una tendencia definida en la respuesta de la lenteja al incremento en la densidad de plantas. Mientras algunos investigadores han observado pequeñas variaciones en el rendimiento del cultivo (Muehlbauer, 1973; Saxena y Yadav, 1976), otros informan ganancias significativas frente a aumentos en el nivel de este factor (Wilson y Teare, 1972; Tosun y Eser, 1979; Ageeb, 1981).

Variaciones en la plasticidad de las plantas atribuidas al genotipo y/o a las condiciones de crecimiento del cultivo (Saxena y Wassimi, 1980), permiten explicar

estas aparentes diferencias en la respuesta a la densidad. En el presente trabajo se informa sobre los resultados de dos años de investigación, en los cuales se estudió el efecto de la densidad sobre el rendimiento, componentes de rendimiento y algunas variables del crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un suelo trumao plano de la Estación Experimental Carillanca (lat. 38° 41' S, long. 72° 25' W), durante las temporadas 1982/83 y 1983/84. Las temperaturas máxima y mínima y la distribución de precipitaciones, que caracterizaron a ambos períodos, se muestran en la Figura 1.

Los tratamientos consistieron en 14 densidades de siembra (Cuadro 1), dispuestas en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las parcelas correspondieron a cinco hileras, de 4 m de largo y distanciadas a 34 cm. En ambas temporadas, la siembra se realizó con el cv. Araucana-INIA, en

¹ Recepción de originales: 17 de enero de 1985.

² Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

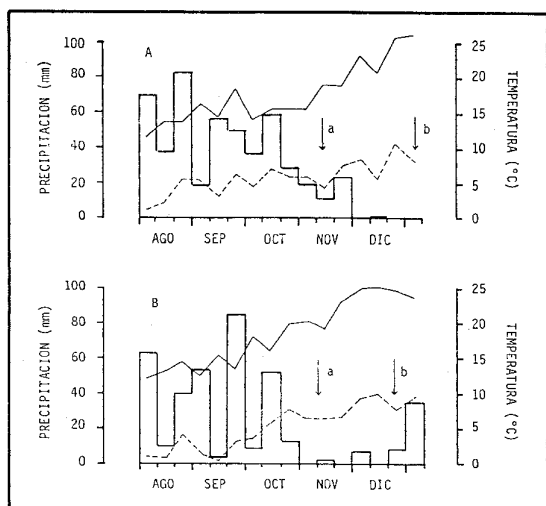


FIGURA 1. Precipitación (barras) y temperaturas máxima (—) y mínima (-----); 1982/83 (A) y 1983/84 (B). Las flechas indican los períodos 50% floración (a) y cosecha (b).

FIGURE 1. Rainfall (bars) and maximum (—) and minimum (-----) temperatures; 1982/83 (A) and 1983/84 (B). The arrows show the 50% flowering (a) and the harvest (b) periods.

forma manual, la primera semana de agosto; se fertilizó con 43,6 kg de P/ha y 66,4 kg de K/ha, ambos aplicados al surco, previo a la siembra.

Con el propósito de determinar la posible influencia de la densidad de siembra en el establecimiento del cultivo, se contabilizó el número de plántulas emergidas/m² y el número de plantas cosechadas/m², en las tres hileras centrales de cada parcela. La discriminación estadística entre promedios de cada evaluación, se realizó mediante intervalos de confianza para distribuciones binomiales.

Durante el período de desarrollo del cultivo se determinó la altura de plantas (100% de floración) y la materia seca (m.s.) producida en cada parcela. Esto último, se realizó en el momento en que las primeras hojas basales comenzaron a desprenderse, lo que correspondió aproximadamente al estado seis de la escala propuesta por Pandey (1981). Con este propósito, de las tres hileras centrales, se muestreó 0,5 m² en un extremo de cada parcela. Las plantas se cortaron al nivel del suelo y se secaron a 70°C por 48 hr. Los resultados se expresaron en función de la m.s. producida por unidad de superficie.

La evaluación de los componentes del rendimiento se hizo sobre una muestra de 20 plantas, sacadas de la hilera central de cada parcela, previo a la cosecha. Se cuantificó el número de vainas productivas e improductivas, el número de granos y el peso de granos

(14% humedad). A partir de estas determinaciones, se obtuvo el número de vainas/planta (productivas + improductivas), el porcentaje de vainas improductivas, el número de granos/vaina productiva y el peso de 100 granos.

En la temporada 1982/83, todo el ensayo se cosechó el 8 de enero de 1983; en el período siguiente, la cosecha se hizo en forma escalonada, entre el 23 y 28 de diciembre, en consideración a la madurez desuniforme que se observó en los tratamientos. Tres metros lineales de las tres hileras centrales se utilizaron para determinar el rendimiento/superficie, calculándose el rendimiento/planta, de la relación entre el rendimiento total y el número de plantas cosechadas, ambos expresados al 14% de humedad.

Los resultados se sometieron a análisis de regresión sobre densidad de plantas a la cosecha, con el propósito de examinar el efecto de la población sobre las variables de respuesta.

RESULTADOS

La temporada 1982/83 se caracterizó por una adecuada distribución de las precipitaciones, en contraste con la temporada siguiente, en la cual se observó un marcado déficit, particularmente durante el período reproductivo (Figura 1). Por otra parte, la tendadura del cultivo, característica de la especie bajo las condiciones edafoclimáticas en que se realizó el estudio, se presentó en esta última temporada a inicio de formación de vainas, en comparación con la temporada 1982/83, en la cual ocurrió en un estado de desarrollo más avanzado. En ambos casos, la tendadura fue proporcional a la densidad de plantas, presentándose en forma severa (100% de plantas) a mayores densidades, mientras que en bajas densidades, fue menos evidente.

Densidad de plantas

Las adecuadas condiciones de humedad del suelo favorecieron el óptimo establecimiento del cultivo en las dos temporadas, hecho que puede inferirse de la comparación entre semillas sembradas y plántulas emergidas en cada tratamiento (Cuadro 1). Sólo en densidades extremadamente altas, se detectó una leve reducción en el número de plántulas emergidas en relación al número de semillas sembradas, aun cuando dentro de márgenes estadísticamente aceptables. Del mismo modo, no hubo diferencias significativas entre el número de plántulas emergidas y el número de plantas cosechadas, en ninguno de los tratamientos.

CUADRO 1. Densidad de siembra (tratamientos) y establecimiento de plantas en las temporadas 1982/83 y 1983/84**TABLE 1. Sowing density treatments and plant establishment during the 1982/83 and 1983/84 growing seasons**

Variables	TRATAMIENTOS													
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
TEMPORADA 1982/83														
Dist. sobre hilera (cm)	6,6	4,4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6
Nº semillas sembradas/m ²	44,0	66,0	88,0	110,0	132,0	154,0	176,0	198,0	220,0	265,0	309,0	353,0	397,0	441,0
Nº plántulas emergidas/m ²	44,0	66,0	88,0	110,0	131,5	152,0	175,7	193,5	210,7	262,7	305,0	350,0	381,7	379,7
Nº plantas cosechadas/m ²	44,0	63,7	86,6	109,0	130,6	150,6	170,6	187,2	206,4	259,0	304,7	342,3	375,0	371,8
TEMPORADA 1983/84														
Dist. sobre hilera (cm)	6,6	4,4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6
Nº semillas sembradas/m ²	44,0	66,0	88,0	110,0	132,0	154,0	176,0	198,0	220,0	265,0	309,0	353,0	397,0	441,0
Nº plántulas emergidas/m ²	44,0	65,0	88,0	110,0	132,0	154,0	175,0	198,0	220,0	260,0	306,0	349,0	379,0	428,0
Nº plantas cosechadas/m ²	43,4	65,0	88,0	110,0	130,8	151,3	174,9	198,0	220,0	256,1	303,7	345,2	364,8	419,7

Rendimiento y componentes de rendimiento

Rendimiento/superficie: Se observó efecto altamente significativo de la densidad de plantas sobre el rendimiento en grano durante la temporada 1982/83, ajustándose la respuesta a la función $Y = 18,83 + 0,048X - 0,0001X^2$ ($R^2 = 0,84$ **). En la temporada 1983/84, en cambio, el efecto de la densidad sobre el rendimiento del cultivo no fue significativo (Cuadro 2).

Número de vainas/planta: El incremento en la densidad de plantas redujo drásticamente el número de vainas/planta, en ambas temporadas. El efecto fue particularmente severo al aumentar la población de P1 a P3, rango en que se detectó aproximadamente 50% de reducción. Incrementos en la población por sobre P8, prácticamente no alteraron la producción de vainas/planta. La respuesta fue consistente en ambas temporadas, observándose un desplazamiento hacia abajo en la curva de ajuste durante 1983/84, atribuido a los efectos del ambiente en la expresión de esta variable (Figura 2).

CUADRO 2. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento (qqm/ha)**TABLE 2. Effect of plant density (population) on yield (quintals/ha)**

Tratamientos (nivel de pobl.)	Temporada (qq/ha)	
	1982/83	1983/84
P1	19,67	18,97
P2	22,25	20,17
P3	22,71	20,30
P4	22,84	21,48
P5	24,10	21,23
P6	25,10	21,40
P7	24,62	21,56
P8	23,71	21,61
P9	24,37	20,46
P10	25,16	19,87
P11	25,46	19,57
P12	24,56	19,86
P13	24,77	20,14
P14	24,23	19,76
Ajuste polinomial		
lineal	**	N.S.
cuadrático	**	N.S.
cúbico	N.S.	N.S.
Coef. Variación (o/o)	7,45	7,13

**significativo a $P \leq 0,01$.

Porcentaje de vainas improductivas: En promedio, las vainas improductivas representaron el 42,3 y 32,2% del total de vainas producidas durante las temporadas 1982/83 y 1983/84, respectivamente. En la temporada 1982/83, la incidencia de esta variable se incrementó significativamente al aumentar la población de plantas, ajustándose los valores a la función $Y = 29,84 + 0,126X - 0,0002X^2$ ($R^2 = 0,57$ **). En la temporada siguiente, el efecto de la población en la incidencia de vainas improductivas no fue significativo.

Número de granos/vaina: La densidad de plantas no alteró la expresión de este componente en los dos períodos analizados. En promedio, el número de granos/vaina varió de 1,023, en la temporada 1982/83, a 1,033, en la temporada siguiente.

Peso de 100 granos: Sólo en la temporada 1983/84 la densidad de plantas afectó significativamente el peso de 100 granos: su aumento provocó una reducción sostenida de este componente (8,37 g en P1 a 7,87 g en P14). La respuesta se representó por la función $Y = 8,40 - 0,001X$ ($R^2 = 0,86$ **).

Rendimiento/planta: Como era de esperar, esta variable se alteró de manera similar a lo observado en el componente vainas/planta. Del mismo modo, la res-

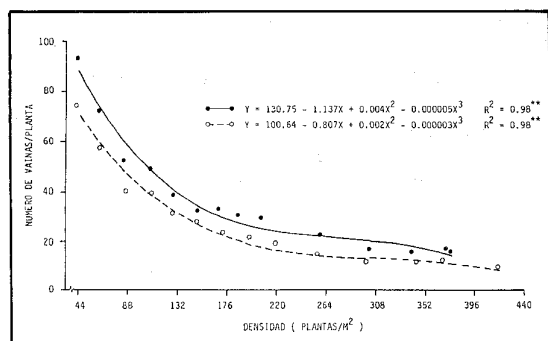


FIGURA 2. Efecto de la densidad de plantas sobre el número de vainas/planta; 1982/83 (●—●) y 1983/84 (○—○).

FIGURE 2. Effect of plant density on number of pods/plant; 1982/83 (●—●) and 1983/84 (○—○).

puesta fue consistente en los dos períodos, explicándose el desplazamiento hacia abajo en la curva de ajuste de la temporada 1983/84, principalmente por la menor producción de vainas a cada nivel de población y, en cierta proporción, por la reducción en el peso del grano (Figura 3).

Altura de plantas

Aun cuando en ambos períodos se observó una tendencia similar a través de los diferentes tratamientos, esta variable sólo se evaluó en la temporada 1982/83, puesto que la temprana tendencia que afectó al cultivo en el período siguiente, impidió realizar la medición en terreno. En general, el aumento en la densidad se tradujo en aumento de la altura de plantas (30,1 cm en P1 hasta 44,4 cm en P11), ajustándose la respuesta a la función $Y = 26,49 + 0,109X - 0,0002X^2$ ($R^2 = 0,96 **$).

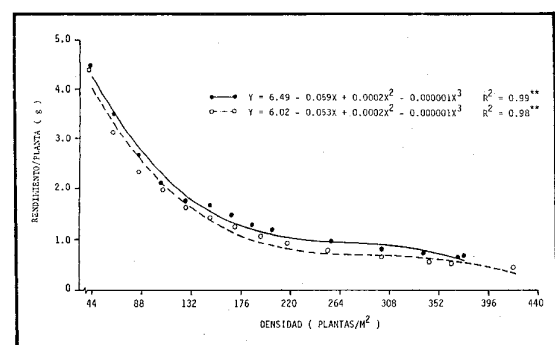


FIGURA 3. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento/planta; 1982/83 (●—●) y 1983/84 (○—○).

FIGURE 3. Effect of plant density on yield/plant; 1982/83 (●—●) and 1983/84 (○—○).

Materia seca

El aumento en la población de plantas provocó un incremento sostenido en la producción de m.s., en ambas temporadas. La máxima expresión de esta variable se localizó entre 300–350 plantas/m², con valores que prácticamente duplicaron aquéllos obtenidos al más bajo nivel de población (Figura 4). La tendencia fue consistente en los dos períodos analizados, observándose una respuesta de tipo asintótica para el rango de poblaciones ensayadas, similar a aquella que representó al rendimiento en la temporada 1982/83 (Cuadro 2).

DISCUSION

A pesar de la gran variación en las condiciones climáticas que caracterizaron a ambas temporadas, la similitud en la biomasa producida a cada nivel de población (Figura 4) pone en evidencia que el comportamiento del cultivo no fue significativamente alterado por éstas, en su fase de crecimiento o acumulación de materia seca. Esto significa que el efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento estaría determinado más bien por condiciones que prevalecieron durante el período reproductivo, observándose respuesta positiva sólo cuando el ambiente fue favorable, o sin restricciones para el normal desarrollo del cultivo.

Si se comparan los rendimientos obtenidos a cada nivel de población en ambas temporadas (Cuadro 2), las diferencias son mínimas en bajas densidades y aumentan progresivamente en magnitud, hasta un rango medio de las poblaciones ensayadas. Por lo tanto, más

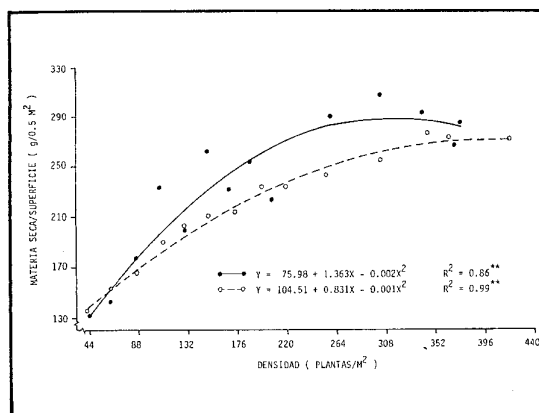


FIGURA 4. Efecto de la densidad de plantas en la producción de materia seca/superficie; 1982/83 (●—●) y 1983/84 (○—○).

FIGURE 4. Effect of plant density on dry matter per unit area; 1982/83 (●—●) and 1983/84 (○—○).

que un efecto neutro de la población como tal, la carencia de respuesta en el rendimiento durante la temporada 1983/84, pudo estar asociada a alguna condición restrictiva que impidió la expresión de altas poblaciones.

Aun cuando no existen evidencias que permitan determinar el grado de tensión de humedad a que estuvieron sometidos los tratamientos, el adelanto en la madurez fisiológica que se observó durante 1983/84 en altas densidades de plantas y que forzó a realizar la cosecha escalonada, demuestra que éstas agotaron más rápidamente la humedad en el perfil del suelo. La reducción progresiva en el peso del grano que se detectó al aumentar la densidad, se puede entender como un claro efecto de esta condición restrictiva (Robins y Domingo, 1956). Estos resultados ponen en evidencia que la competencia por humedad, particularmente intensa en altas densidades y en especial bajo condiciones de restricción hídrica (Sinha, 1977), fue probablemente la responsable, o un contribuyente importante, de la neutralización de altas poblaciones de plantas.

Si bien los argumentos antes expuestos parecen explicar razonablemente lo ocurrido en la temporada 1983/84, no se debe desconocer la importancia que en este sentido pudiera tener la temprana tendadura

que afectó a las plantas en 1983/84. Como se ha demostrado en soya (Hicks y otros, 1969; Cooper, 1971; Luescher y Hicks, 1977), constituye una de las principales barreras para aumentar el rendimiento del cultivo, a través de aumentos en la población.

La tendencia reductiva que se observó en el componente vainas/planta (Figura 2) y consecuentemente, en el rendimiento/planta (Figura 3), debe entenderse como el resultado de la fuerte competencia intraespecífica que ocurre al aumentar la población. De acuerdo a las curvas de respuesta de estas variables, el aumento de competencia fue particularmente intenso hasta un nivel medio de las poblaciones ensayadas (170–200 plantas/m²), permaneciendo luego relativamente constante y, por lo tanto, menos dependiente de la densidad. La mayor cantidad de cambios morfológicos y productivos que ocurrieron en la planta, en consecuencia, se localiza bajo este nivel crítico de competencia y aumenta en intensidad al acercarse a niveles bajos de población, rango en el cual se expresa la mayor plasticidad en el sistema de ramificación (Peñaloza, 1984). Por lo tanto, teniendo en consideración los efectos que sobre la plasticidad de las plantas pueda tener el ambiente (Saxena y Wassimi, 1980), es esperable que la capacidad del cultivar para responder a cualquier cambio en la densidad, se localice dentro de este rango de población.

RESUMEN

Durante las temporadas 1982/83 y 1983/84 se evaluaron catorce densidades de siembra (desde 44 a 440 semillas/m²) en lenteja cv. Araucana—INIA, en la IX Región de Chile.

El rendimiento/superficie se incrementó significativamente al aumentar la población en la temporada 1982/83. La respuesta se ajustó a la función $Y = 18,83 + 0,048X - 0,0001X^2$ ($R^2 = 0,84$ **). Durante la temporada 1983/84, en cambio, el efecto de la población sobre el rendimiento/superficie no fue significativo.

El componente del rendimiento más afectado por la población correspondió al número de vainas/planta,

cuya respuesta fue consistente en las dos temporadas y similar en tendencia al rendimiento/planta. Los cambios más drásticos en la expresión de estas variables se observaron entre 44 y 170–200 plantas/m², en tanto que sobre este rango la respuesta fue relativamente constante y, por lo tanto, menos dependiente de la densidad de plantas. El peso del grano se afectó significativamente sólo durante 1983/84, observándose reducción lineal de este componente al aumentar la población. El número de granos/vaina, en tanto, no fue alterado en su expresión en los dos períodos analizados.

LITERATURA CITADA

- AGEEB, O.A.A. 1981. Lentil seed rate experiments. En: Annual Report of the Hudeiba Research Station, 1975–76. Sudán.
- COOPER, R.L. 1971. Influence of early lodging on yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Agronomy J. 63: 449–450.
- HICKS, D.R.; PENDLETON, J.W.; BERNARD, R.L.; and JOHNSTON, T.J. 1969. Response of soybean plant types to planting patterns. Agronomy J. 61: 290–293.
- LUESCHER, W.E. and HICKS, D.R. 1977. Influence of plant population on field performance of three soybean cultivars. Agronomy J. 69: 390–393.
- MUEHLBAUER, F.J. 1973. Seeding rates for "Tekoa" lentils. Washington Agricultural Experimental Station. Circular Nº 565. 3 p.
- PANDEY, R.K. 1981. Identification of growth stages in some pulse crops. Pulse Crops Newsletter 1 (1): 72–73.
- PEÑALOZA, H.E. 1984. Relación funcional entre ramificación y distribución de vainas modificada por la densidad de plantas en lenteja (*Lens culinaris* M.). Simiente 54 (3–4): 171 (resumen).
- ROBINS, J.S. and DOMINGO, C.E. 1956. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agronomy J. 48: 67–70.
- SAXENA, M.C. and YADAV, D.S. 1976. Agronomic studies on lentil under sub-tropical conditions of Pantnagar, India. Lens 3: 17–26.
- SAXENA, M.C. and WASSIMI, N. 1980. Plasticity of lentil genotypes as affected by moisture supply and soil fertility. Lens 7: 29–31.
- SINHA, S.K. 1977. Food legumes: distribution, adaptability and biology of yield. FAO. Plant Production and Protection Paper Nº 3. Rome. 124 p.
- TOSUN, O. and ESER, D. 1979. Studies on plant density in lentil. I. The effect of plant density on yield. Lens 6: 8–9.
- WILSON, V.E. and TEARE, I.D. 1972. Effects of between and within row spacing on components of lentil yield. Crop Science 12: 507–510.