

RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE SEMILLA Y LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA CON EL VIGOR DE PLANTULAS EN ALFALFA

Gabino García de los Santos¹

RESUMEN

El rápido establecimiento de plántulas es un atributo importante en la producción de cultivos. Con el propósito de determinar las interrelaciones entre el tamaño y el vigor de semilla con la profundidad de siembra, en 1988 se evaluaron cinco variedades de alfalfa *Medicago sativa* L. (INIA 76, Puebla 76, San Joaquín II, Aragón y Moapa 69) utilizando tres tamaños de semilla (grande, mediana y chica) y tres profundidades de siembra (1, 2 y 3 cm) bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Se utilizó el diseño completamente al azar y parcelas subdivididas, con cuatro repeticiones en cada caso, respectivamente. Los resultados indicaron que en el laboratorio la germinación de los tamaños medio y chico fue entre 12 y 16% mayor que la del tamaño grande en las variedades INIA 76 y Puebla 76, mientras que en el resto las diferencias no fueron mayores al 6%. Para todas las variedades y bajo cualquier condición, el tamaño grande produjo plántulas más vigorosas expresado por mayor peso seco. En invernadero, consistentemente profundidades de siembra menores tuvieron mayor velocidad de emergencia que varió de 60% en Moapa 69 hasta 277% en Puebla 76 y este comportamiento fue similar al de laboratorio. Las diferencias varietales, tanto en el vigor de plántulas como en el tamaño de semillas, podrían ser aprovechadas para realizar selección principalmente en especies de semilla pequeña, para incrementar su establecimiento de plántulas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Medicago sativa L., peso seco, germinación.

SUMMARY

Rapid seedling establishment is an important attribute for a successful crop production. In order to know the relationship among seed size, seed vigour, and sowing depth, in 1988 a study was carried out using five varieties of alfalfa *Medicago sativa* L. (INIA 76, Puebla 76, San Joaquín II, Aragón and Moapa 69). A combination of three seed sizes (large, medium and small) and three sowing depths (1, 2 and 3 cm) was used under laboratory and greenhouse conditions. A randomized complete block and split-split-plot designs, with four replications in each case, was respectively used. Under laboratory conditions, it was found that the medium and small seed sizes had 12 to 16% more germination for INIA 76, and Puebla 76, while the other varieties only had 6% more. The large seed size of all varieties showed good seedling vigor in both conditions, and the dry matter production was also higher. Under greenhouse conditions, more emergence was found at the small depth, particularly Moapa 69 (60%) and Puebla 76 (277%), and this behavior was similar to laboratory condition. Varietal differences were found in seedling vigor and seed size, so selection for these characters could be practiced in species with small seed size to increase seedling establishment.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Medicago sativa L., seedling dry matter, germination.

INTRODUCCION

En maíz (*Zea mays* L.) se ha comprobado que el mayor tamaño de la semilla está directamente relacionado con el vigor de la misma (Villaseñor, 1984) el que a su vez determina una emergencia más rápida. Esta situación se ha corroborado en otros cultivos

¹ Investigador Docente, Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. C.P. 56230. Chapingo, México.

agrícolas; sin embargo, hay poca información en especies forrajeras, que en su mayoría se caracterizan por producir semilla muy pequeña, por lo que la profundidad de siembra y la preparación óptima del suelo juegan un papel determinante para el buen establecimiento de estas especies.

Adicionalmente, la competencia con las malezas es tal, que en ocasiones éstas llegan a inhibir por completo el crecimiento de algunas especies forrajeras, sobre todo las leguminosas, por su lento crecimiento inicial. Por tanto, cualquier ventaja iniciada con un mayor vigor de semilla, llega a ser importante en estas condiciones.

Por lo anterior, este trabajo se planeó con la finalidad de determinar las relaciones entre el tamaño de semilla con la profundidad de siembra, así como observar la variación genética para características de vigor de semillas de alfalfa.

REVISION DE LITERATURA

Es ampliamente conocido que en la mayoría de los cultivos básicos y particularmente en maíz (*Zea mays* L.), la semilla por lo general se separa por tamaño y forma con el propósito de facilitar la uniformidad de emergencia en campo, lo que a menudo conduce a un incremento en los rendimientos (Johnson y Mulvaney, 1980):

El comportamiento de un lote de semilla en el campo depende de factores tales como humedad del suelo, profundidad de siembra, ataque de plagas y enfermedades, y de características inherentes a la semilla, como tamaño y calidad en general (Perry, 1981).

En alfalfa, el efecto del tamaño de semilla sobre la viabilidad, según el tipo de sustrato donde ésta germina, sea suelo o papel, ha

sido discutido por Erickson (1946). Estudios sobre el problema de emergencia heterogénea debido a la mala calidad de la semilla, indican que la semilla pequeña de alfalfa y de otras especies forrajeras similares, debe ser sembrada a baja profundidad. Robertson *et al.* (citados por Erickson, 1946) recomiendan, por ejemplo que la semilla de alfalfa debe sembrarse a 2.5 cm de profundidad o esparcida en la superficie. Según investigadores citados por Beveridge y Wilsie (1959), las profundidades de siembra más satisfactorias que se han encontrado para especies forrajeras como trébol (*Trifolium repens* L.), alfalfa y algunas gramíneas, son cercanas a 1.2 cm.

El efecto del tamaño de semilla sobre el establecimiento de plantas ha sido estudiado desde hace muchos años. Sin embargo, Black (1957 a,b) indicó que el efecto del tamaño estaba siendo sobrestimado, pues en bajas densidades de siembra, encontró una asociación lineal entre el peso seco total aéreo y el peso (tamaño) de la semilla, pero no observó lo mismo en condiciones de alta competencia de plantas.

Algunas interacciones entre profundidades de siembra y tamaño de semilla, como parte del complejo de germinación y emergencia, se han estudiado por Rogler (1954), Erickson (1946) y Black (1959).

En el caso de leguminosas forrajeras, el adecuado establecimiento es esencial para una producción eficiente. Entre los factores que influyen en el establecimiento destacan la profundidad de siembra, el tamaño de semilla y el genotipo (Beveridge y Wilsie, 1959). Sin embargo, es relativamente escasa la investigación enfocada directamente a estudiar las interacciones entre estos factores, al menos en México.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó durante 1988 en laboratorios e invernaderos de la Sección de Semillas, en el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Méx., empleando cinco variedades comerciales de alfalfa: INIA 76, Puebla 76, San Joaquín II, Aragón y Moapa 69.

En su fase de laboratorio se formó un factorial con las cinco variedades y tres tamaños de semilla (grande, mediano y chico) obtenidos al pasar la semilla total por cribas redondas de 1.9 y 1.7 mm, generando un total de 15 tratamientos, los que se evaluaron en un diseño completamente al azar con 4 repeticiones. Cada repetición fue de 100 semillas las que se colocaron (50 y 50) en dos cajas de petri, en una germinadora calibrada a 25°C. Para humedecer el papel filtro empleado como sustrato, se utilizó 6 ml de agua destilada por cada caja petri, y durante los 6 días que duró la prueba, siempre se adicionó la misma cantidad de agua a cada caja.

Para la fase de invernadero se utilizaron las mismas variedades y tamaños de semilla del estudio de laboratorio, más 3 profundidades de siembra (1, 2 y 3 cm) lo que dio un total de 45 tratamientos. Para evaluar estos tratamientos se utilizó un diseño de parcelas subdivididas con 4 repeticiones, donde las variedades fueron las parcelas grandes, las parcelas medianas, profundidades y las parcelas chicas los tamaños de semilla. Esta fase se condujo en bastidores de madera de 2.50 x 1.00 m utilizando arena esterilizada como sustrato. La siembra de los diferentes tratamientos, según la profundidad correspondiente, se realizó utilizando unos razedores de madera de diferente profundidad y colocando en seguida una capa de arena, de tal suerte que los tratamientos con

1 cm de profundidad se sembraron en la última capa de arena y se cubrieron después con otra capa de 1 cm de espesor. El tamaño de muestra utilizado fue 100 semillas por repetición distribuidas en pequeños surcos de 30 cm de longitud. La prueba duró 12 días.

Las variables que se registraron fueron: a) En prueba de laboratorio: Peso inicial de semilla (PIS), en gramos; protusión radical (PR), en % (medido a las 20 horas de iniciada la prueba); porcentajes de germinación (PG) y de semilla dura (PSD) considerada ésta como semilla que no se imbibió; peso seco de plántulas (PSP), en gramos; porcentajes de plántulas anormales (PPA) y de semilla muerta (PSM). b) En prueba de invernadero: Primer conteo de plántulas (PCP) expresado en % a los 5 días de iniciada la prueba; porcentaje de establecimiento (PE) evaluado al finalizar la prueba (12 días); y peso seco de plántulas (PSP) en gramos.

Para todos los caracteres se hizo un análisis de varianza y las medias de aquéllos con significancia estadística se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados indicaron que en condiciones de laboratorio (Cuadro 1) las variedades se comportaron de manera diferente para todos los caracteres evaluados excepto para el porcentaje de plántulas anormales (PPA). En el caso de los tamaños de semilla evaluados y de la interacción de este factor con las variedades, protusión radical (PR), porcentaje de semilla dura (PSD) y de plántulas anormales (PPA) no presentaron diferencias significativas.

En lo que respecta a la condición de invernadero se encontró que para los factores

Cuadro 1. Significancia de las fuentes de variación variedades (V), tamaños de semilla (T) y profundidades de siembra (P), para las variables estudiadas en condiciones de laboratorio e invernadero.

F.V.	V a r i a b l e s ¹								
	PIS	PR	PG	PSD	PPA	PE	PCP	PSM	PSP
— Prueba de laboratorio —									
V	**	**	**	**	NS	--	--	**	**
T	**	NS	**	NS	NS	--	--	**	**
V x T	**	NS	**	NS	NS	--	--	**	**
C.V. (%)	5.9	12.0	5.7	9.3	18.0	--	--	26.3	10.2
— Prueba de invernadero —									
V	**	--	--	--	--	**	**	--	**
T	**	--	--	--	--	*	**	--	**
V x T	**	--	--	--	--	**	**	--	**
P	**	--	--	--	--	**	**	--	**
V x P	**	--	--	--	--	NS	*	--	NS
P x T	**	--	--	--	--	NS	**	--	NS
VxTxP	**	--	--	--	--	NS	NS	--	NS
C.V. (%)	2.4	--	--	--	--	16.7	16.9	--	23.1

¹: PIS = Peso inicial de semilla; PR = Protusión radical; PG = Porcentaje de germinación; PSD = Porcentaje de semilla dura; PPA = Porcentaje de plántulas anormales; PE = Porcentaje de establecimiento; PCP = Primer conteo de plántulas; PSM = Porcentaje de semilla muerta; PSP = Peso seco de plántula.

** , * , NS : Significativo al 1 y 5% de probabilidad, y no significativo, respectivamente.

principales estudiados: variedades, tamaños, profundidades de siembra y la interacción de variedad x tamaño, todos los caracteres evaluados presentaron diferencias altamente significativas, indicando que existe una respuesta complementaria de ambos factores. En el caso de otras interacciones de interés como variedad x profundidad y profundidad x tamaño, sólo peso inicial de semilla (PIS) y primer conteo de plántulas (PCP) presentaron diferencias significativas. En principio, estos resultados son similares a los de otros investigadores quienes indican que en el complejo proceso de la germinación y emergencia de plántulas, influyen fuertemente la profundidad, la uniformidad, el tamaño de semilla y el genotipo.

En el Cuadro 2 se observa el comportamiento presentado en el laboratorio. Es clara la diferencia que presentaron los tres pesos iniciales de semilla pues fueron seleccionados con una criba de precisión. La protusión radical (PR), aun cuando en el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas, en general tendió a ser más rápida en los tamaños chicos y medios y esto se considera como un indicador de la velocidad de germinación de la semilla. En cuatro de las cinco variedades el tamaño grande de semilla produjo un menor porcentaje de protusión y sólo en la variedad San Joaquín II correspondió una PR mayor cuando el tamaño de semilla fue más grande. Se indica al respecto (Dhillon y Kler, citados

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables de interés considerando los tres tamaños de semilla de cinco variedades de alfalfa, bajo condiciones de laboratorio.

Variedad	Tamaño ¹	Peso inicial (g)	Protusión radical (%)	Germinación (%)	Peso seco (g)
INIA 76	G	.24	29.7	59.7	.11
	M	.18	34.7	75.7	.09
	CH	.14	31.2	73.7	.07
Puebla 76	G	.24	25.0	65.5	.12
	M	.16	31.7	75.7	.08
	CH	.13	34.7	77.5	.08
S. Joaquín II	G	.29	43.2	75.5	.16
	M	.19	35.7	73.2	.10
	CH	.14	34.5	73.7	.08
Aragón	G	.27	26.2	78.7	.16
	M	.21	32.2	79.5	.10
	CH	.18	31.0	79.5	.09
Moapa 69	G	.29	67.7	89.0	.17
	M	.20	76.0	94.5	.13
	CH	.16	70.2	94.5	.11

¹ G: grande; M: mediano; CH: chico.

por Chhina y Phul, 1982; Lafond y Backer, 1986), en cereales, que al menos en condiciones de laboratorio donde no hay impedimento de tipo mecánico, las semillas pequeñas tienen ligeras ventajas en la velocidad de germinación. Este mismo comportamiento se mantuvo incluso en el porcentaje de germinación que se indica en el mismo Cuadro 2, para las variedades Moapa 69, INIA 76, y Puebla 76, no así para San Joaquín II ni para Aragón. Este comportamiento diferencial de la germinación confirma la significancia encontrada en el análisis de varianza para la interacción V x T, e indica que la germinación las variedades será diferente según el tamaño de semilla que se esté evaluando. Probablemente esto tiene relación con la calidad

inicial de semilla de cada variedad ya que aunque se utilizaron cribas iguales, las diferencias físicas y por supuesto genéticas estuvieron presentes en variedades como INIA 76 y Pue. 76 que contenían más semilla dura (Cuadro 1). Por otra parte, al observar la tendencia del peso seco de plántulas (PSP) que es una medida del vigor, ésta corresponde a lo señalado por autores como Black (1959) respecto a que la acumulación de materia seca durante etapas tempranas del crecimiento de plántulas, está directamente relacionada con el tamaño inicial de la semilla.

Los resultados obtenidos en la condición de invernadero se muestran en el Cuadro 3. Los datos de este cuadro corresponden al

promedio de las tres profundidades de siembra que se utilizaron dentro de cada tamaño de semilla, con el propósito de discutir en primer lugar la interacción de variedad x tamaño de semilla así como los efectos específicos del comportamiento promedio de cada variedad. Se puede apreciar que aun cuando la semilla de alfalfa resultó muy uniforme entre variedades fue posible separar tres tamaños de semilla con peso inicial diferente y las pequeñas diferencias observadas entre los promedios varietales se debieron probablemente a la calidad física y fisiológica de semilla de las variedades, esto es, presencia de semilla dura, manchada, etc. como es el caso de INIA 76 y Puebla 76, que en promedio tuvieron los pesos de semilla más bajos.

En lo que respecta al porcentaje de plántulas al primer conteo, las variedades INIA 76, Puebla 76 y Aragón tuvieron los valores más altos en el tamaño medio de semilla mientras que San Joaquín II y Moapa 69 lo registraron en el tamaño de semilla grande. Respuesta parecida se apreció en cuanto al peso seco de plántulas para los mismos tamaños aunque en este caso fueron cuatro las variedades que acumularon los mayores pesos secos en el tamaño grande de semilla y solo Aragón lo fue en el tamaño medio. Se ha indicado que bajo condiciones de laboratorio, y evaluando únicamente el porcentaje de germinación final de las semillas, el tamaño de la misma parece no tener mucha importancia ya que si al inicio de dicha prueba hay ventajas en velocidad, al final de la evaluación las diferencias no son tan marcadas y sólo las semillas de muy bajo vigor no llegan a producir plántulas normales. Sin embargo, esta situación no parece ser la misma cuando la semilla es sembrada en el suelo ya que ello representa un obstáculo que retarda el rápido establecimiento (Beveridge y Wilsie, 1959; Erickson, 1946) de tal forma que aquellas semillas con mayor material de

reserva tienen mayores oportunidades de emerger y acumular más peso seco.

En cuanto al porcentaje de establecimiento, los resultados fueron muy parecidos a los obtenidos en laboratorio, ya que en cuatro de las variedades los mayores valores se observaron en el tamaño chico de semilla, y sólo en INIA 76 fue en el tamaño medio; aunque en general las diferencias entre tamaños no fueron muy grandes.

Con respecto al promedio general de las variedades hubo claras diferencias entre ellas; por ejemplo, Moapa 69 registró el mejor comportamiento en cuanto a una mayor velocidad de germinación (primer conteo), mejor establecimiento y mayor peso seco producido, que San Joaquín II, e incluso que Aragón, ambos con similar o mayor peso inicial promedio. En las dos variedades restantes se observó que a menor peso inicial se tuvo un comportamiento menos sobresaliente.

La respuesta de las variedades en las tres profundidades de siembra, es decir, la significancia de la interacción V x P (Cuadro 4), mostró una tendencia decreciente en todas las variables evaluadas, a medida que la profundidad de siembra fue mayor. Esto es de particular importancia para la variable porcentaje de establecimiento (PE), en la que la profundidad de siembra juega un papel determinante (Beveridge y Wilsie, 1959), sobre todo en especies de semilla pequeña como la alfalfa en la que, como se aprecia en el Cuadro 4, las profundidades menores (1 cm) son las mejores. Sin embargo, no se debe soslayar la importancia del genotipo, por un lado, y por otro, la calidad de semilla utilizada en la siembra, ya que como se observa en la variedad Moapa 69, aún a 3 cm de profundidad de siembra tuvo mayor velocidad de germinación, mayor establecimiento final y mayor producción de materia seca que las otras variedades. Ahora bien,

Cuadro 3. Valores de peso inicial de semilla (g), primer conteo de plántulas (%), porcentaje de establecimiento y peso seco de plántulas, provenientes de tres tamaños de semilla en cinco variedades de alfalfa, bajo condiciones de invernadero.

Variedad	Tamaño de semilla			Media	Tamaño de semilla			Media
	G	M	CH		G	M	CH	
	— Peso inicial —				— Primer conteo —			
INIA 76	0.23	0.16	0.13	0.17	36.0	40.1	35.4	37.1
Puebla 76	0.24	0.16	0.14	0.18	37.2	42.0	35.0	38.0
San Joaquín II	0.28	0.19	0.15	0.20	58.6	52.2	47.6	52.8
Aragón	0.27	0.20	0.17	0.21	41.6	53.5	46.3	47.1
Moapa 69	0.28	0.19	0.15	0.20	66.4	60.9	57.7	61.6
	—Porcentaje de establecimiento —				— Peso seco —			
INIA 76	50.1	51.5	22.0	41.2	0.42	0.31	0.16	0.29
Puebla 76	52.4	57.6	58.3	56.1	0.46	0.39	0.30	0.38
San Joaquín II	65.1	59.6	65.5	63.4	0.69	0.51	0.43	0.54
Aragón	50.5	67.8	70.8	63.0	0.50	0.52	0.45	0.49
Moapa 69	73.8	78.7	78.9	77.1	0.89	0.73	0.54	0.72

G: Grande; M: Mediano; CH: chico.

Cuadro 4. Valores de peso inicial de semilla (g), primer conteo de plántulas (%), porcentaje de establecimiento y peso seco de plántulas, provenientes de tres profundidades de siembra en cinco variedades de alfalfa bajo condiciones de invernadero.

Genotipo	Profundidad de siembra (cm)				Profundidad de siembra (cm)			
	1	2	3	Media	1	2	3	Media
	— Peso inicial —				— Primer conteo —			
INIA 76	0.17	0.18	0.17	0.17	48.3	41.5	21.7	37.1
Puebla 76	0.18	0.18	0.18	0.18	55.4	44.4	14.7	38.1
San Joaquín II	0.21	0.21	0.20	0.20	65.7	54.1	38.6	52.6
Aragón	0.21	0.21	0.21	0.21	59.0	52.9	29.7	47.2
Moapa 69	0.21	0.20	0.20	0.20	77.0	59.9	48.0	61.6
	—Porcentaje de establecimiento —				— Peso seco —			
INIA 76	47.8	44.0	32.0	41.2	0.36	0.31	0.19	0.28
Puebla 76	64.6	52.4	51.1	56.0	0.48	0.37	0.30	0.38
San Joaquín II	69.3	62.3	58.6	63.4	0.67	0.52	0.44	0.54
Aragón	72.5	64.3	52.3	63.0	0.53	0.52	0.41	0.48
Moapa 69	81.5	75.6	73.3	76.8	0.78	0.70	0.68	0.72

cuando la calidad de semilla es pobre, como por ejemplo debido a un mal manejo durante y después de la cosecha (limpieza y almacenamiento) y con alto contenido de semilla dura, ello puede significar un retraso en el establecimiento del cultivo, problema que se combina inclusive con el rápido crecimiento de las malezas en estas etapas tempranas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el trabajo, se concluye lo siguiente:

En las variedades INIA 76 y Puebla 76 la tendencia general fue que los tamaños chicos y medianos de semilla presentaron entre 12 y 16% más germinación, en condiciones de laboratorio, que los tamaños grandes, mientras que en las S. Joaquín II, Aragón y Moapa 69 la diferencia no fue mayor de 6%.

En las cinco variedades, tanto en laboratorio como en arena, las semillas grandes produjeron plántulas de mayor vigor expresado en un mayor peso seco, que las chicas.

Consistentemente en la menor profundidad de siembra (1 cm) hubo mayor velocidad de emergencia (de 60% en Moapa hasta de 277% en Puebla 76), mayor establecimiento (de 11% en Moapa 69 y de 49% en INIA 76), así como mayor peso seco de plántulas (de 15% en Moapa 69 hasta 89% en INIA 76), que en la profundidad de 3 cm.

Las variedades mostraron un comportamiento diferencial al variar tamaños y profundidad de siembra; de acuerdo con esto, el tamaño y peso de semilla se podrían utilizar como criterios de selección para obtener plántulas de mayor vigor, sobre todo en especies de semilla pequeña, y lograr un establecimiento más rápido.

BIBLIOGRAFIA

- Beveridge, J.L. and C.P. Wilsie. 1959. Influence of depth of planting, seed size and variety on emergence and seedling vigor in alfalfa. *Agron. J.* 51:731-734.
- Black, J.N. 1957a. The growth of three strains of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) in relation to size of seed. *Aust. J. Agric. Res.* 8:1-14.
- _____. 1957b. Seed size as a factor in the growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) under spaced and sward conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 8:335-351.
- _____. 1959. Seed size in herbage legumes. *Herbage Abstr.* 29:235-241.
- Chhina, B. S. and P. S. Phul. 1982. Association of seed size and seedling vigour with various morphological traits in pearl millet. *Seed Sci. and Technol.* 10:541-545.
- Erickson, L.C. 1946. The effect of alfalfa seed size and depth of seeding upon the subsequent procurement of stand. *J. Amer. Soc. Agron.* 38(11):964-973.
- Johnson, R.R. and D.L. Mulvaney. 1980. Development of a model for use in maize replant decision. *Agron. J.* 72:459-464.
- Lafond, G.P. and R.J. Backer. 1986. Effects of genotypes and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 26:341-346.
- Perry, D.A. 1981. The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. *In: Hebblethwaite, P.D. (ed.). Seed Production.* Butterworth Co. Great Britain.
- Rogler, G.A. 1954. Seed size and seedling vigor in crested wheat grass. *Agron. J.* 46:216-220.
- Villaseñor M., H. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.