COMPARACION DE DIFERENTES CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS Y CORRELACIONES EN CEBADA DE DOS Y SEIS HILERAS

Sathyanarayanaiah Kuruvadi[1]
Juan Carlos Zúñiga Enríquez[2]

RESUMEN

Se evaluaron 9 y 14 genotipos de cebada de dos y seis hileras respectivamente, bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, con objeto de comparar las características cuantitativas entre dos especies, identificar líneas con altos rendimientos, estudiar parámetros genéticos y correlaciones para diferentes características agronómicas.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para rendimiento, granos/espiga, peso de grano, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, individualmente, en los genotipos de dos y seis hileras, y además en el análisis combinado revelaron variabilidad considerable para estas características en los genotipos incluidos. En esta investigación, se identificaron como sobresalientes para rendimiento los genotipos: Dram, Antártica 04 y ND4994.16 en cebadas de dos hileras, y Robust, Cerro Prieto y Gloria "S"/Come"S" CMB 81-294-6B-2Y8m-OY en cebadas de 6 hileras; estas últimas, mostraron una ligera ventaja en rendimiento en comparación con las primeras.

Para los caracteres granos/espiga y peso de grano, los tipos de seis hileras manifestaron 82.05 por ciento y 4.13 por ciento más que las líneas de dos hileras, mientras que éstas superaron en 35.85 por ciento y 3.78 por ciento para longitud de espiga y peso hectolítrico, respectivamente.

Los genotipos Robust, Gloria "S"/Come"S" CMB 81-294-5B-5Y-1M-1Y- 0M y Trompillo, fueron los mejores para granos/espiga. Para peso de grano, las mejores líneas fueron: Robust, Karan 15 y Cerro Prieto. En longitud de espiga destacaron Antártica 04, Cerise y Dram. La heredabilidad en sentido amplio presentó valores altos (80 a 98%) para todas las características estudiadas. Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con días a madurez fisiológica y peso hectolítrico.

1 Ph. D., Maestro Investigador del Depto. de Fitomejoramiento. Div. de Agronomía, UAAAN.
2 Tesista

INTRODUCCION

La cebada es el cereal de cultivo más antiguo del cual se tiene conocimiento. Su origen se ubica en el Asia Occidental, casi 5000 años A.C. y cultivada en la actualidad en diversos países del mundo. En México, el cultivo de la cebada es de gran importancia económica, tanto por la superficie sembrada (ocupa el 4° lugar) como por su uso en la industria cervecera (Robles, 1983); además de que es la base económica de miles de familias radicadas en los Estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala, debido a la cercanía de las fábricas de malta que utilizan como materia prima a este cereal. A causa de su precocidad, la cebada puede desarrollarse con escasa e irregular precipitación, escapar a las heladas tempranas características de esta región y ofrece al agricultor la mayor seguridad en la producción de grano. La cebada también posee una gran rusticidad y es tolerante a la salinidad.

El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies, pero, económicamente, tres especies cultivadas importantes son: *Hordeum vulgare* L (de seis hileras), *Hordeum distichum* (de dos hileras) y *Hordeum irregulare* (intermedia entre dos y seis hileras).

En México, el mejoramiento genético de la cebada se ha enfocado hacia la formación de cebadas de seis hileras, las cuales prevalecen en los campos de cultivo. Variedades como Cerro Prieto, Porvenir y Apizaco, pertenecen a este tipo de cebadas y destacan en cuanto a su capacidad de producción y adaptación. Respecto a las cebadas de dos hileras, solo ha destacado la variedad Chavalier (de origen francés), la cual presenta altos rendimientos y una buena tolerancia a enfermedades, sin embargo, no se encuentra semilla disponible en el mercado para estimular su siembra. Es importante considerar que las cebadas de dos hileras presentan características forrajeras superiores a su contraparte de seis hileras, debido a su mayor capacidad de amacollamiento.

Para desarrollar un eficiente programa de mejoramiento genético de cebada, es importante obtener información sobre las características cuantitativas en ambas especies de cebada; pero, desafortunadamente, es notoria la falta de información sobre comparación de características agronómicas entre ambas especies en la literatura publicada. En esta investigación se evaluaron nueve líneas de dos hileras y 14 líneas de seis hileras de cebada, con el objetivo de comparar las características cuantitativas entre ambas especies, identificar variedades altamente rendidoras, estudiar los parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas.

REVISION DE LITERATURA

Wiebe (1968), señala que los más importantes usos de la cebada a nivel mundial son: en forma de grano, como alimento para el ganado y aves de co-

rral; como malta, para la elaboración de bebidas o enriquecer el valor nutritivo de los alimentos; como semilla; el grano perlado se usa en la elaboración de sopas y harina. En la alimentación humana se usan variedades de grano cubierto o desnudo, especialmente en países con agricultura primitiva.

Poehlman (1981) cita que Vavilov describe dos centros de origen, de Etiopía y Africa del Norte proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que de China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas, de barbas cortas o sin barbas y los tipos con granos cubiertos por caperuzas. El mismo autor cita que el género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies, entre las que se encuentran tanto especies diploides ($2n = 2x = 14$), como tetraploides ($2n = 4x = 28$).

Las hibridaciones entre especies cultivadas de cebada aparentemente son fértiles y sin evidencia de irregularidades meióticas, aun cuando los progenitores provengan de regiones muy diferentes. Cruzas entre especies cultivadas y especies silvestres diploides (*H. spontaneum*), han mostrado muy poca esterilidad y segregación anormal. Con excepción del carácter para caperuza, la mayoría de los caracteres de *H. spontaneum* son dominantes sobre sus alelos en las cebadas cultivadas. Resultados similares han sido observados para cruzas entre *H. vulgare* y *H. agriocrithon*. Es así que todas las especies en la sección cereales parecen estar estrechamente relacionadas, lo suficiente para producir plantas fértiles en la F_1 con rangos mendelianos regulares.

Esparza (1977) cita que el mejoramiento genético de cebada en México se inició en forma sistemática en 1957, obteniéndose tres años después la primera variedad mejorada, producto de los materiales introducidos y de la colección mundial de cebada. Hasta la fecha, se cuenta con 13 variedades mejoradas que presentan características agronómicas deseables como: resistencia a escaldadura, cenicilla, al acame, al desgrane, con buen ahijamiento, buena paja, alto rendimiento y ciclo vegetativo corto.

Grafius, citado por Maya (1977), cita que el rendimiento es un artefacto y que es el resultado final de tres componentes: número de espigas, número promedio de granos por espiga y el peso promedio de grano. Este autor cita también que si el rendimiento es un producto de estos componentes, no existe forma mediante la cual sea cambiado el rendimiento sin cambiar uno o más de los componentes. Además, propuso independencia entre los sistemas genéticos que gobiernan los componentes del rendimiento, ya que las correlaciones entre ellos tendieron a cero bajo condiciones de competencia mínima entre plantas.

Shertsov (1986) encontró que las variedades de cebada invernal: Cyclone, Radical, Monolit, Mirage y Metoer, rindieron entre 8 040 y 9 240 kg/ha. A la vez, encontró una variación en los componentes del rendimiento de 530 a 740

espigas/m^2 y semillas por espiga de 34 a 42; y además, un peso de 1000 granos entre 33.5 y 3.84 gr, en Rusia.

Moncef *et al.* (1986) estudiaron la estabilidad y rendimiento en cebadas de dos y seis hileras utilizando cuatro líneas de cada tipo en cuatro diferentes ambientes en Tunisia. Los promedios de rendimiento de los cultivares en las cuatro localidades variaron de 1 990 a 2 500 kg/ha en cebadas de seis hileras, mientras que en los cultivares de dos hileras hubo una variación de 2 050 a 2 610 kg/ha. El genotipo Cross 257/37 registró el máximo rendimiento (2 260 kg/ha), siguiéndole Gem (2 250 kg/ha) en cebadas de seis hileras. Por otro lado, en los cultivares de dos hileras, el genotipo WI 2 231 produjo los máximos rendimientos con 2 610 kg/ha; mientras que el WI 2 291 produjo 2 600 kg/ha. Los cultivares de cebadas de dos hileras superaron en aproximadamente 10.5 por ciento en rendimiento a los cultivares de seis hileras. La localidad Mateur produjo altos rendimientos en comparación con las otras localidades.

Singh *et al.* (1986) estudiaron características agronómicas que contribuyeron a la tolerancia a sequía en cebada desnuda y encontraron correlaciones genotípicas y fenotípicas para rendimiento por planta, estrechamente asociado con peso de mil granos, días a floración y longitud de espiga, demostrando que las líneas de cebada con granos largos, precocidad, y relativamente altas, son características deseables para siembra bajo temporal.

Yadav *et al.* (1986) estudiaron la aptitud combinatoria en cebada y concluyeron que las variedades DR-56, DR-32, DR-46 y DH B-4, fueron las mejores combinadoras para diferentes características agronómicas, por lo tanto, recomendaron usar estas líneas para mejorar el rendimiento de grano en este cereal. También indicaron que en el mercado hay preferencia para el tamaño de semilla. La variedad RS-6 fue la mejor combinadora para esta característica, sugiriendo su utilización como progenitor en un programa de hibridación.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera- verano de 1986 en el Campo Experimental de Navidad, N.L. de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah.

El material genético incluyó 9 líneas de cebada de dos hileras provenientes de siete países: la línea Arupo (México), ND 4994.16 (Estados Unidos), Quibenras (Colombia), Antártica (Brasil), Dram y Cerise (Inglaterra), Mata y Manapou (Nueva Zelandia) e Ideal (Alemania). Mientras que las cebadas de seis hileras incluyeron 10 líneas de México, dos líneas de Estados Unidos (Robust y Oregon line) y una línea de la India (Karan-15). Se empleó como testigo la variedad Cerro Prieto de México. Estas líneas fueron recibidas por cortesía del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México.

Los materiales corresponden al 8° Ensayo Internacional de Rendimiento de Cebada. Estos materiales contienen una amplia gama de variabilidad para rendimiento, componentes del rendimiento, tales como espiga/planta, semillas/espiga, peso de 1000 granos, altura y días a floración, número de hileras, etc. El pedigree y origen de los recursos genéticos se presentan en el Cuadro 1.

La preparación del suelo se llevó a cabo con un barbecho a una profundidad de 30 cm, seguido de dos pasos de rastra en forma cruzada y, finalmente, se realizó una nivelación para uniformizar el terreno. Después se efectuó el surcado a una distancia entre surcos de 30 cm.

Cuadro 1. Pedigree y origen de nueve líneas de dos hileras y 14 líneas de seis hileras de cebada

No. de variedad	Cruza o pedigree cebadas 2 hileras	Origen
1	Arupo "S" CMB 79-1312-F-3Y-1B-2Y-1B-1Y-0B	CIMMYT
2	ND 4994.16	N. Dakota, EEUU
3	Quibenras	Colombia
4	Antártica 04	Brasil
5	Dram	Inglaterra
6	Cerise	Inglaterra
7	Mata	N. Zelandia
8	Manapov	N. Zelandia
9	Ideal	Alemania
	Cebadas de 6 hileras	
1	Centinela	México
2	Pistacho CMB 77A-1266-2B-1Y-1B-IY-IB-OY	CIMMYT
3	Trompillo CMB 74A-432-25B-1Y-1B-1Y-0B	CIMMYT
4	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-5B-5Y-2M-0Y	CIMMYT
5	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-5B-5Y-3M-0Y	CIMMYT
6	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y	CIMMYT
7	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-4Y-1H-4Y-2M-0Y	CIMMYT
8	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-4Y-1H-5Y-2M-0Y	CIMMYT
9	Gloria "S"/Came "S" CMB 81-294-5B-5Y-1M-1Y-0M	CIMMYT
10	Caco "S"/3/API/CM67//1594 CMB 81-168-6Y-3Y-0M	CIMMYT
11	Robust	Minessota
12	Oregon Line	Oregon
13	Karan 15	India
14	Cerro Prieto	México

La semilla de 23 poblaciones se sembró bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, el día 20 de febrero de 1986, a una profundidad aproximada de 3-4 cm, en forma manual a chorrillo, con una densidad de siembra de 120 kg/ha. Cada tratamiento constó de seis surcos de 3 m de longitud, los cuales formaron una parcela total y útil de 5.4 m^2

La fertilización se realizó con una fórmula de 150-100-00 (N P K respectivamente). Se aplicó el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el restante 50% del nitrógeno 35 días después. La fuente de nitrógeno fue la urea y de fósforo fue el superfosfato de calcio triple, ambas a una concentración de 46 %.

Se aplicó un riego inmediato después de la siembra y se proporcionaron cinco riegos de auxilio para expresar el potencial biológico del rendimiento y sus componentes. Las malezas fueron controladas al tiempo de amacollamiento con dos aplicaciones de herbicida "Hierbamina" en dosis de 1.5 l/ha. Los áfidos (pulgones) que se presentaron en la etapa de embuche fueron controlados con dos aplicaciones de Tamaron 600 en dosis de 1 l/ha.

Se tomaron mediciones sobre siete características agronómicas en los tratamientos. Los promedios de diferentes características agronómicas se utilizaron para calcular los análisis de varianza, para cebada de dos y seis hileras, individualmente y coordinando parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza individual y combinado, para las características agronómicas evaluadas indicaron diferencias altamente significativas para rendimiento, granos por espiga, peso de 1000 granos, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, entre los recursos genéticos incluidos de dos y seis hileras (Cuadros 2, 3 y 4). Lo anterior revela una variabilidad considerable para todos los rasgos estudiados, por lo que es promisorio para identificar variedades de cebada altamente rendidoras por simple selección en estos recursos genéticos. Amara *et al.* (1985) y Singh *et al.* (1986) evaluaron 12 y 20 líneas de cebada respectivamente para diferentes características agronómicas y encontraron diferencias significativas para rendimiento, número de tallos/planta, longitud de espiga, peso de 1000 granos, días a floración y madurez fisiológica. El coeficiente de variación osciló entre 1.60 y 22.16 por ciento y 1.80 a 21.90 por ciento para los genotipos de dos y seis hileras, respectivamente, estos valores se consideran aceptables, lo que indica que la conducción del experimento y los resultados son confiables.

Los valores promedios de las diferentes características agronómicas de cebada de dos y seis hileras se presentan en el Cuadro 5. El rendimiento de un

Cuadro 2. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas de nueve líneas de cebada de dos hileras

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	0.752	1.389	24.044	0.0612	11.667	15.148	9.097
Tratamientos	8	1.221**	69.097**	50.097**	3.344**	127.444**	85.340**	63.932**
Error Exp.	24	0.130	5.514	3.183	0.096	5.083	3.294	1.265
Total	35	0.631	74.785	22.887	3.448	49.023	33.634	23.713
C.V. (%)		22.16	10.97	5.10	3.90	2.70	1.60	2.00

** Significancia al 0.01%
C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 3. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas de 14 líneas de cebada de seis hileras.

Fuente de variación	Grados de libertad	Rendimiento	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	1.316	7.248	54.321	1.0686	5.667	77.494	1.116
Tratamientos	13	0.595**	33.935**	169.959 **	1.326 **	91.555**	53.283**	38.628**
Error Exp.	39	0.134	4.798	14.091	0.268	6.167	6.045	1.014
Total	55	0.618	188.228	16.667	1.678	37.121	29.769	13.976
C.V.(%)		21.90	9.63	6.08	8.89	2.90	2.10	1.80

** Significancia al 0.01%
C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 4. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas de 23 líneas de cebada de dos y seis hileras.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento	Granos/ espiga	Peso grano	Long. de Espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	1.270	45.330	28.851	0.522	13.580	78.938	8.640
Tratamientos	22	1.222**	279.980**	32.434 **	4.140	101.521**	80.596**	44.610**
Error Exp.	66	0.127	11.330	4.357	0.250	5.663	5.393	2.020
Total	91	0.593	293.371	18.852	4.410	40.121	35.846	18.143
C.V.(%)		21.50	10.51	5.93	7.51	2.83	2.03	2.61

** Significancia al 0.01%
C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 5. Promedio de diferentes características agronómicas de cebada de dos y seis hileras

Variedad	Rndmto. (Kg/ha)	Granos/ espiga	Peso de grano (g)	Long.de espiga (cm)	Altura de planta (cm)	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
2 hileras							
1	2222	12.5	36.73	5.55	80.0	106.0	54.98
2	3667	18.5	28.76	7.21	79.5	113.0	53.60
3	3185	33.5	33.95	7.96	91.3	115.5	58.18
4	3778	26.0	37.79	10.13	83.5	112.8	57.33
5	4389	19.5	36.85	8.31	89.5	118.3	61.03
6	3130	23.5	34.64	8.94	90.3	114.5	58.60
7	2870	20.5	39.65	6.90	81.8	113.5	59.03
8	815	20.5	32.02	8.26	79.3	105.0	47.65
9	3074	18.0	30.88	8.03	75.5	107.0	54.07
Promedio	3014	21.4	34.59	7.92	83.4	111.7	56.05
DMS.05%	1128	6.5	3.02	0.85	3.8	3.1	1.90
6 hileras							
1	1796	35.5	34.52	5.51	76.0	110.0	53.50
2	3481	37.0	33.45	4.32	84.0	114.0	51.35
3	3704	47.5	32.66	5.12	87.3	114.3	53.65
4	2204	38.0	32.17	5.98	91.0	121.3	51.63
5	3500	40.0	36.66	6.33	87.3	120.8	52.30
6	4241	44.5	38.16	5.93	88.0	118.8	53.73
7	444	16.5	31.69	5.16	88.8	117.0	52.60
8	3463	40.5	36.98	5.70	81.5	114.0	53.83
9	3130	50.0	36.43	6.80	90.5	121.5	50.23
10	2963	42.5	37.60	6.34	80.0	114.8	52.00
11	4278	53.0	41.34	7.64	81.3	113.0	59.90
12	3463	39.0	34.69	5.97	77.3	116.3	57.48
13	2444	28.5	39.59	5.70	82.5	111.0	53.48
14	4111	33.0	38.31	5.15	86.8	117.3	60.43
Promedio	3087	39.0	36.02	5.83	84.4	116.0	54.01
DMS.05%	1115	9.5	3.61	1.31	4.1	4.1	1.66
Promedio general	3051	30.2	35.31	6.88	83.9	113.8	55.03

cultivo es el objetivo económico principal y este carácter varió entre 815 a 4 389 kg/ha, con un promedio de 3 014. 44 kg/ha en cebada de dos hileras, mientras que el manejo fue de 444 a 4 278 kg/ha, con un promedio de 3 087.28 kg/ha en cebadas de seis hileras. En esta investigación se identificaron las tres variedades con más alto rendimiento: 5 (4 389 kg/ha), 4 (3 778 kg/ha) y 2 (3 667 kg/ha) en las variedades de cebada de dos hileras, mientras que en el experimento de seis hileras, las tres variedades con mayor rendimiento fueron: 11 (4 278 kg/ha), 4 (4 241 kg/ha) y 3 (3 704 kg/ha).

La semilla de estas variedades se deberá incrementar a fin de establecer ensayos avanzados de rendimiento en diferentes localidades, para estudiar la estabilidad de rendimiento de los genotipos e identificar así variedades superiores a las actualmente en uso. Las variedades de seis hileras superaron ligeramente en rendimiento a su contraparte de dos hileras con 73 kg/ha, lo que representa sólo un 0.25 %. En cuanto a los rendimientos totales, no se observaron diferencias considerables por lo que el fitomejorador y/o productor puede sembrar cebadas de ambos tipos.

Kuruvadi y Cortinas (1987) mencionaron que el rendimiento es un carácter muy complejo controlado por poligenes del núcleo y genes de citoplasma, con una cadena de eventos interrelacionados de diferentes funciones fisiológicas e interacción con el medio ambiente. El rendimiento por sí mismo no es el mejor criterio de selección debido a la baja heredabilidad y su alta interacción con el medio ambiente, por lo tanto, el rendimiento se debe mejorar a través de sus componentes. Rasmusson y Cannel (1970) indicaron que las correlaciones negativas son muy comunes entre el rendimiento y sus componentes, por lo tanto, el rendimiento se tiene que mejorar a través de aquellos componentes que mayor influencia tengan en el mismo, a fin de llegar a obtener líneas sobresalientes.

En este estudio, el genotipo tres presentó máximo número de granos por espiga con 33.5, siguiéndole la variedad 4 con 26 granos, en las variedades de dos hileras. Por otro lado, en las variedades de seis hileras, la variedad 11 produjo el máximo número de granos (53), siguiéndole la variedad 9, con 50 granos; la variedad 3, con 47.5 granos y la variedad 6, con 55.5 granos. De las 14 líneas de seis hileras, 11 presentaron mayor número de granos que la variedad tres en cebadas de dos hileras, la cual fue la más sobresaliente. Además, las variedades de seis hileras superaron hasta en 82.05 por ciento en este carácter a las variedades de dos hileras. Se detectó en las líneas de dos hileras un número bajo de granos/espiga, por lo tanto, se deben utilizar las líneas de seis hileras (11, 9, 3 y 6) como progenitores en el programa de hibridación interespecífica, a fin de obtener mejores recomendaciones en la progenie para este carácter.

El peso de 1000 semillas es un carácter determinante en el rendimiento total y las cuatro líneas sobresalientes para esta característica fueron las varie-

dades: 7 (39.65 g), 4 (37.79 g), 5 (36.85 g) y 1 (36.73 g), en los tipos de dos hileras. En las cebadas de seis, las variedades: 11 (41.34 g), 13 (39.59 g) y 14 (38.31 g), presentaron altos valores para esta característica. Las líneas de seis hileras tuvieron una ventaja de 4.13 % en comparación con las líneas de dos hileras, sin embargo, la variedad 11 de seis hileras produjo mayor peso de 1000 granos.

Mc Neal *et al.* (1978) y Heinrich *et al.* (1983) enfatizaron el mejorar para mayor número de granos/espiga y mayor peso de granos en el mejoramiento genético de cultivos, debido a que estas dos características tuvieron mayor estabilidad a través de diferentes localidades con ambientes desfavorables. Woodworth (1931) indicó que los rendimientos en cereales de grano pequeño pueden aumentarse por selección de los componentes de rendimiento y que los progenitores deben seleccionarse en base a los mejores atributos de estos componentes. Lebsock y Amaya (1969) concluyeron que el peso de grano podría ser usado con efectividad en una rápida selección indirecta para obtener líneas con alto peso hectolítrico y posiblemente para lograr mayores rendimientos en la mayoría de las poblaciones F_2 y F_3.

Para longitud de espiga, las líneas de dos hileras: 4 (10.13 cm), 6 (8.94 cm), 5 (8.31 cm) y 8 (8.26 cm), produjeron altos valores; mientras que la variedad 11 de seis hileras mostró el máximo valor con 7.64 cm. En esta característica, las líneas de dos hileras superaron en un 35.85 por ciento a las de seis hileras. Debido a lo anterior, se sugiere utilizar las variedades 4, 6 y 8 de dos hileras como progenitores en los programas de hibridación interespecífica, para mejorar la longitud de espiga en cebadas de seis hileras.

Considerando simultáneamente las tres características y debido a que no se encuentran juntas en ninguno de los genotipos de dos y seis hileras, se sugiere utilizar cruzas simples, dobles, triples, y cruzas biparentales, así como retrocruzamientos de la progenie con ambos progenitores, dependiendo del objetivo del programa, para obtener recombinantes superiores. Además, se recomienda realizar selección recurrente incluyendo las mejores líneas de dos y seis hileras, como componentes recombinantes, a fin de incrementar la frecuencia de genes deseables, la variabilidad genética, así como para obtener una mejor ganancia genética. El descubrimiento de la androesterilidad en cebada facilita la cruza entre diferentes progenitores, lo que permite utilizar la selección recurrente con mayor facilidad (Wiebe, 1968). Los híbridos interespecíficos entre estas dos especies y sus progenies son fértiles, sin ninguna barrera, por consiguiente, es factible desarrollar lo anteriormente sugerido.

En altura de planta y días a madurez fisiológica, se detectó ligera variación entre los genotipos de dos y seis hileras en este estudio. Normalmente, en los programas de mejoramiento de cereales siempre se utiliza presión de selección para un mismo tipo de altura de planta (aproximadamente de 80-90 cm)

y de precocidad (varía de 110-120 días), es por esto que se detectó poca variación para estas dos características. Sin embargo, las líneas tres y seis de dos hileras, así como las variedades nueve y cuatro de seis hileras, produjeron numéricamente altos valores en cuanto a altura de planta, en comparación con otros genotipos. Se identificó a las líneas nueve, ocho y dos de dos hileras y a las líneas uno y 12 de seis hileras como las de menor altura.

A este respecto, Yoshida (1972) indica que la altura de planta es el factor más importante para determinar la respuesta al nitrógeno en arroz y trigo. Las plantas demasiado altas generalmente presentan acame y disturbios en el movimiento de fotosintatos en el área vascular de la planta. Establece también que se ha encontrado una estrecha asociación entre la altura de planta y otras características tales como hojas erectas y relación paja/grano. En relación con el balance fotosíntesis/respiración, los tallos más cortos podrían minimizar la baja respiración por el tallo y así incrementar la ganancia neta. Por otro lado, la altura del tallo tendría ciertas ventajas sobre los tallos cortos en la penetración de la luz.

Las variedades muy precoces fueron la ocho, uno y nueve en los genotipos de dos hileras y la uno, 13 y 11 en los de seis hileras. Estas líneas pueden madurar 15 días antes que los genotipos más tardíos incluidos en este estudio. Las líneas más precoces señaladas anteriormente, podrían tener mecanismos de escape a sequía, temperaturas bajas, enfermedades e insectos y se pueden utilizar en las rotaciones con diferentes cultivos.

La heredabilidad en sentido amplio varió de 80 a 98% para las características de rendimiento, granos por espiga, peso de 1000 granos, longitud de espiga, altura, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico en los genotipos de dos y seis hileras (Cuadro 6), por lo tanto, es muy efectivo para obtener ganancias en los programas de selección en generaciones tempranas y tardías para estas características. Rasmusson y Cannel (1970) estimaron los porcentajes de heredabilidad en sentido estrecho en dos poblaciones F_4 en cebada y se encontraron de 8.6 a 68.2 por ciento para las características de rendimiento, número de espigas/planta, número de granos/espiga y peso de 1000 granos. Los bajos valores de heredabilidad en sentido estrecho lo atribuyeron probablemente a la baja variabilidad genética en las poblaciones evaluadas.

Un estudio de correlación es muy importante para identificar características útiles y no útiles en los programas de mejoramiento genético de los cultivos, así como para tomar decisiones apropiadas para mejorar el carácter bajo consideración (Kuruvadi, 1986). Existe una correlación positiva y significativa entre rendimiento con dos características: días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, con cebadas de dos hileras (Cuadro 7). Por lo tanto, el carácter días a madurez fisiológica puede utilizarse como selección indirecta para identificar líneas superiores en el campo. También se encontraron correlaciones positivas

Cuadro 6. Parámetros genéticos para diferentes características agronómicas en cebada de dos y seis hileras

Parámetros genéticos	Hileras	Rendimiento	Granos por espiga	Peso de 1000 granos	Longitud de espiga	Altura de planta	Días mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Varianza Fenotípica	2	0.30	34.55	12.53	1.67	31.90	21.33	16.00
	6	0.33	84.98	8.48	0.66	22.90	13.32	9.59
Varianza genotípica	2	0.27	31.79	11.73	1.62	30.60	20.51	15.67
	6	0.30	77.93	7.28	0.53	21.35	11.81	9.35
Varianza del error	2	0.12	5.51	3.18	0.10	5.08	3.30	1.27
	6	0.13	14.09	4.80	0.27	6.17	6.05	0.95
Heredabilidad en sentido amplio (%)	2	90.00	92.00	94.00	97.00	96.00	96.00	98.00
	6	90.00	92.00	86.00	80.00	93.00	89.00	97.00

Cuadro 7. Correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas en cebada de dos y seis hileras

Caracter	Hileras	Granos por espiga	Peso de 1000 granos	Longitud de espiga	Altura de planta	Días a madurez fisiológica	Peso por hectolitro
Rendimiento	2	0.394	0.181	0.297	0.367	0.734*	0.869**
	6	0.230	-0.599 *	-0.810**	0.019	-0.133	-0.550*
Granos/espiga	2		- 0.648 *	0.315	-0.194	0.139	0.038
	6		- 0.198	-0.160	-0.135	0.280	-0.398
Peso de Mil	2	-	-	-0.011	-0.738*	-0.202	-0.002
Granos	6	-	-	0.596*	-0.241	-0.182	0.487
Longitud de	2	-	-	-	0.388	0.600	0.293
Espiga	6	-	-	-	0.055	0.600	0.690**
Altura de	2	-	-	-	-	0.776*	0.488
Planta	6	-	-	-	-	0.755	-0.358
Madurez	2	-	-	-	-	-	0.796**
Fisiológica	6	-	-	-	-	-	-0.294

* Significativo al 5 porciento
** Significativo al 1 porciento

y significativas entre altura de planta y días a madurez fisiológica, así como de esta última con peso hectolítrico (Cuadro 7) en cebadas de dos hileras.

Se encontraron correlaciones negativas y significativas entre rendimiento con peso de grano y longitud de espiga. Cuando se presenta este tipo de correlaciones, es difícil mejorar las características involucradas, debido a que mientras una aumenta la otra disminuye; esta situación se considera que es debida a efectos pleiotrópicos o de ligamiento, por lo que será muy difícil encontrar recombinaciones favorables, dada la dificultad de entrecruzamiento en el mismo gene en el caso de genes pleiotrópicos. Por otro lado, si está involucrado el efecto de ligamiento, se recomienda aplicar mutaciones inducidas o un gran número de entrecruzamientos de plantas individuales en generaciones segregantes a fin de romper el ligamiento desfavorable (Kuruvadi, 1986).

Nasr *et al.* (1973) estudiaron coeficientes de correlaciones entre llenado de grano, acame y otras características agronómicas, en cruzas entre genotipos de seis hileras. Se encontraron fuertes asociaciones entre llenado de grano con peso de 1000 granos. Además, hubo una tendencia definida hacia un mejor desarrollo agronómico de las plantas más altas.

El carácter peso hectolítrico presentó alta correlación positiva y significativa con tres características: rendimiento, longitud de espiga y madurez fisiológica. Lo anterior demuestra claramente el efecto de estas características en el incremento del peso hectolítrico. No se detectaron correlaciones consistentes para diferentes características agronómicas en las líneas de dos y seis hileras de cebada.

CONCLUSIONES

1. Existe una amplia gama de variabilidad en los genotipos de cebada de dos y seis hileras, para los diferentes caracteres cuantitativos estudiados.

2. Se identificaron los genotipos de dos hileras: Dram, Antártica 04- y ND 4994.16, así como los genotipos de seis hileras: Robust, Cerro Prieto y Gloria "S"/Came"S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-OY, como los más sobresalientes en rendimiento de grano y sus componentes.

3. La comparación de características cuantitativas en las líneas de dos y seis hileras, indica que los tipos de seis hileras superaron en 0.25%, 82.05% y 4.13% para rendimiento, granos/espiga y peso de 1000 granos respectivamente, mientras que las líneas de dos hileras produjeron 35.85% y 3.78% más en longitud de espiga y peso hectolítrico, en comparación con los tipos de seis hileras.

4. Las líneas de seis hileras expresaron una ligera ventaja con 1.2 % y 3.83% para las características altura de planta y días a madurez fisiológica, en comparación con las variedades de dos hileras.

5. No se detectaron valores altos para los componentes de rendimiento número de espiga/planta, número de granos/espiga y peso de 1000 gramos, en los genotipos de dos y seis hileras, pero estas características se distribuyen en ambos genotipos, por lo tanto, se recomienda un programa de hibridación interespecífica y selección recurrente para obtener recombinaciones deseables y aumentar las frecuencias de genes superiores en la progenie.

6. Se presentaron valores altos de heredabilidad en sentido amplio para todas las características estudiadas en cebada de dos y seis hileras, por lo tanto, estos rasgos son efectivos en un programa de selección.

7. Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento de grano con días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, en cebada de dos hileras, mientras que hubo una asociación positiva entre altura de planta con días a madurez fisiológica, tanto en cebadas de dos hileras como en las de seis hileras.

LITERATURA CITADA

Amara, H., H. Ketata and M. Zovaghi. 1985. Use of barley (*Hordeum vulgare* L:) for forage and grain in Tunisia. Rachis 4 (2):28- 33.

Esparza, M.J.H.1977. Memoria de la II Reunión Técnica de la Unidad de Cereales (trigo, cebada, avena, triticale y laboratorios de calidad). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos e Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Puebla, Pue., México.

Heinrich, G.M., C.A. Francis, and J.D. Eastin. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. Crop. Sci. 23: march-april.

Kuruvadi, S. 1986. Utilidad de correlaciones en el mejoramiento genético de los cultivos. Comunna. Periódico UAAAN. 129: 10-11.

Kuruvadi, S. y H.M. Cortinas. 1987. Papel de componentes del rendimiento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol común. Agraria 3 (1): 1-14

Lebsock, K.L. and A. Amaya, 1969. Variation and correlation of agronomic traits in durum wheat. Crop Sci. 9:372-375.

Maya, L.J.L. 1977. Efectividad de la selección para caracteres de herencia cuantitativa en generaciones tempranas de trigo. SARH e INIA. Puebla, Pueb., México.

McNeal, F.H., C.O. Ovaslet, D.E. Baldrige and V.R. Stewart. 1978. Selection for yield and yield components in wheat Crop Sci. 18: 795-799.

Moncef, M.H., A. Laribi, and M. Bouslama. 1986. Stability and yield performance of some barley (*H. vulgare* l.) cultivars and mixtures. Rachis barley and wheat newsletter. ICARDA. Syria. 5 (2): 11-14.

Nasr, H.G., H.L. Shands and R.A. Forsberg. 1973. Correlations between kernel plumpness, lodging, and other agronomic characteristics in six-rowed barley crosses. Crop Sci. vol. 13: 399-402.

Poehlman, J.M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. 7° impresión. Ed. Limusa. México.

Rassmusson, D.C. and R.O. Cannel. 1970. Selection for grain yield and components of yield in barley Crop Sci. 10 (4) -51-54.

Robles, R.R. 1978. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa, S.A. 2o Ed. México.

Shertsov, V. 1986. Barley improvement in krasnodar region, USSR. Rachis, Barley and wheat newsletter. ICARDA, Aleppo, Syria. 5 (2):5-10.

Singh, S.S., Mahabalram and D.P. Singh. 1986. Agronomic traits contributing to drought tolerance in huskless Barley. Rachis. 5 (1): 12-13.

Wiebe, A.G. 1968. Breeding. In Barley: Origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests. agriculture handbook N. 338. U.S. Department of Agriculture. USA. 96-104.

Woodworth, C.M. 1931. Breeding for yield in crop plants jour. Amer. Soc. Agron. 23:388-395.

Yadav, H.S., B.G. Sahi and S.K. Rao. 1986. Combining ability of diaraland genotypes of Barley Rachis, barley and wheat newsletter. ICARDA, Aleppo, Syria. 5(1): 15-16.

Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. annual review plant physiology. 23: 437-464.