

EFEITOS DO GEN BRAQUÍTICO-2 EM POPULAÇÕES ANÁLOGAS E EM HÍBRIDO DE MILHO (*Zea mays*)¹

JOACHIM F.W. VON BÜLOW²

Sinopse

Três populações análogas, com diferentes dosagens do gen br_2 (Br_2/Br_2 normal, Br_2/br_2 intermediário e br_2/br_2 braquítico), com índice de endocruzamento $F = 0,50$, foram testadas com adubação completa (A) e sem adubação completa (B).

As diferenças devidas à adubação foram significativas para todos os caracteres observados, com exceção de percentagem de grãos nas espigas.

Dentro das adubações A ou B, não houve diferenças significativas entre populações quanto ao número de espigas; a população braquítica foi inferior às outras duas para os demais caracteres, mas dentro da adubação B não diferiu significativamente da população intermediária em peso de espiga e peso de planta.

Dentro da adubação A, a população intermediária superou a população normal em produção de espigas e grãos, igualou-a em peso de planta sem espiga e foi inferior em altura de planta e altura de espiga.

Dentro da adubação B, a população intermediária foi inferior à população normal nestes caracteres, mas as diferenças em produção de espigas e grãos não foram significativas.

Com base nestes resultados, é levantada a hipótese do aproveitamento economicamente vantajoso, em condições de boa fertilidade do solo, de híbridos triplos (híbrido simples normal x variedade braquítica). Em ensaio preliminar, envolvendo apenas um híbrido triplo, a variedade braquítica utilizada foi notavelmente inferior em produção, número de espigas por planta, altura de planta e altura de espiga, em relação aos demais tratamentos. Nestes caracteres, o híbrido triplo, foi inferior ao híbrido simples, mas as diferenças não foram significativas.

O autor acha que a hipótese poderá ser confirmada em pesquisa futura, envolvendo variedades braquíticas melhoradas, devendo-se também testar combinações com maior número de híbridos simples normais.

INTRODUÇÃO

Existem vários mutantes de milho anão, como os "dwarf" (gen D_8 localizado no cromossômio 1 e vários gens d localizados em diversos cromossômios), o "pigmy dwarf", o "nana dwarf", o "brevi" e o "brachytic" (gens py , na , bv e br , localizados nos cromossômios 6, 3, 5 e 1, respectivamente) (Emerson *et al.* 1935 e Neuffer *et al.* 1968), além dos semi-anãos "reduced", gen rd e "compact", gen ct (Nelson & Ohlrogge 1957).

O anão braquítico-2, designação dada ao braquítico tipo "Oakes dwarf" por Leng e Vineyard (1951), foi primeiro descrito por Woodworth (1941). Lambert (1963) achou que os gens br_1 e br_2 não são alelos, localizando-se ambos no braço longo do cromossômio 1, porém, separados de 50 unidades de "crossover".

¹ Recebido 17 nov. 1970, aceito 3 dez. 1970.

Realizado no Dept.º de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas.

² Professor Assistente do Dept.º de Fitotecnia da UFRRJ, Km 47, Campo Grande, G.B. ZC-26.

O termo "braquitismo" dado à variação que consiste no encurtamento dos entrenós, sem a redução correspondente no seu número ou no número e tamanho aparentes de outros órgãos, foi sugerido por Cook (1915), que estudou o fenômeno em outras plantas agrícolas. Segundo Kempton (1920), o milho braquítico difere do seu análogo normal essencialmente só pelo encurtamento dos entrenós; o número e a superfície das folhas são praticamente iguais nos dois genótipos; achou o colmo do braquítico mais grosso e a espiga superior ligeiramente mais curta que no milho normal. A altura do braquítico foi de 86,6 cm em comparação com 144,0 cm do análogo normal. Segundo Singleton (1959), o efeito do gen br_2 em cruzamento com milho normal é o de uma certa redução da altura e um engrossamento do colmo. Esta dominância parcial é mais acentuada em "back-grounds" genéticos específicos (Thompson & Everett 1963).

A conversão para o braquitismo das linhagens que integram o híbrido duplo U.S. 3 originou linhagens

braquíticas um tanto decepcionantes quanto aos seus caracteres agrônômicos, principalmente resistência a doenças (Leng *et al.* 1954). Nelson e Ohlogge (1957), comparando linhagens e híbridos análogos, em diferentes densidades de plantio, acharam superioridade acentuada do compacto (ct), em densidades de 26.000 a 78.000 plantas por acre, sobre o normal, o reuzido (rd) e o braquítico (br₂).

Katta e Gil (1970) acharam que uma das causas da baixa produtividade das variedades braquíticas seria a deficiência de iluminação. Na densidade de 60.000 plantas por hectare obtiveram aumentos e produção mediante um arranjo das folhas e plantas que permitiu melhor penetração da luz. Kempton (1921) cita as possíveis vantagens agrícolas do milho braquítico, como resistência ao tombamento e formação de mais raízes nos nós (que têm maior perímetro e estão em maior número em contato com o solo). O mesocótilo, onde há formação de raízes, não sofre encurtamento no milho braquítico (Kempton 1923).

Há poucos trabalhos publicados que examinam as possibilidades da obtenção de híbridos ou variedades braquíticas. Anderson e Chow (1963) transferiram o gen br₂ para seis linhagens de híbridos comerciais e compararam três híbridos simples braquíticos com os seus análogos normais. Os braquíticos tiveram folhas mais largas com maior longevidade e intensidade de coloração; foram mais tardios, menos suscetíveis à bacteriose e tiveram menos quebra de colmo, mas um dos braquíticos foi mais suscetível ao tombamento; tiveram menos fileiras de grãos por espiga, mais grãos por fileira e em um caso a produção foi maior. Sokolov e Domasnev (1963) relatam trabalhos bastante adiantados de um programa de obtenção de híbridos e populações braquíticas de boa produtividade.

Thompson (1966) estudou também os intermediários em comparação aos braquíticos e normais análogos. Os primeiros combinaram boa produção com certa redução nas alturas total e de posição da espiga; aproveitaram melhor condições de alta fertilidade e alta densidade de plantio, ao contrário dos braquíticos homozigotos.

Não encontramos nenhuma referência de trabalho publicado no Brasil, investigando o possível aproveitamento econômico do milho braquítico.

Como o consumo de adubos comerciais no Brasil está aumentando rapidamente e, em muitas áreas produtoras de milho, a adubação aumenta ou mesmo assegura a lucratividade da cultura em condições normais, achamos interessante executar o presente estudo dos efeitos do gen braquítico em dois níveis diferentes de fertilidade do solo. Os híbridos e va-

riedades de milho no clima tropical geralmente atingem desenvolvimento vegetativo exagerado. As plantas muito altas tombam facilmente em culturas de plantio mais denso e grande massa de substância produzida fica no campo após a colheita das espigas. Também é examinada preliminarmente a eficiência de um híbrido triplo intermediário obtido do cruzamento de um híbrido simples normal com uma variedade braquítica.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de populações análogas

Uma linhagem braquítica, isolada de um mutante surgido no campo de linhagens de 1966, foi cruzada com a linhagem 669/62 e as plantas F₁ foram autofecundadas. Os genótipos segregantes foram cruzados, polinizando-se várias plantas com a mistura do pólen de várias outras plantas: braquítico x braquítico, braquítico x normal e normal x normal. As três populações resultantes destes cruzamentos teoricamente são análogas com diferentes dosagens apenas do gen br₂. Seu coeficiente teórico de endocruzamento é de $F = 0,5$.

Em 7-11-1969, foi plantado um ensaio no campo experimental do Dept.^o de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com as três populações como tratamentos em subparcelas em esquema "split-plot", com cinco repetições. As subparcelas constituíram-se de três fileiras com cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,80 m entre fileiras e 0,50 m entre covas com duas plantas cada. Os tratamentos em parcelas foram as adubações A e B:

A) adubação completa: 120 kg/ha N, 120 kg/ha P₂O₅ e 100 kg/ha K₂O;

B) sem adubação completa: apenas 30 kg/ha N.

O solo foi muito arenoso, pobre em matéria orgânica (série Ecologia), nunca antes adubado e cuja análise revelou níveis baixo em fósforo (3 ppm) e médio em potássio (54 ppm), com pH = 5,4.

Em dez plantas competitivas das fileiras centrais de cada subparcela foram medidos os seguintes caracteres:

- 1) altura de planta (até a inserção da última folha);
- 2) altura de espiga (inserção da espiga superior);
- 3) peso de espiga despalhada;
- 4) peso de grãos;
- 5) percentagem de grãos;
- 6) número de espiga;
- 7) peso de plantas sem espiga (parte aérea).

O modelo para análise de variância foi o seguinte:

$$X_{ijk} = \mu + \text{Rep}_{.j} + \text{Ad}_{.j} + \epsilon_{ij} + \text{Pop}_{.k} + \delta_{ik} + \text{Ad.Pop}_{.jk} + \gamma_{ijk}$$

Obtenção do híbrido triplo

A variedade braquítica, utilizada para a sintetização do híbrido triplo, foi a obtida em trabalho anterior (não publicado), a partir do cruzamento de duas linhagens isoladas da população braquítica I — 65 — 27 — WP16 com uma linhagem isolada do mutante braquítico já mencionado linhas atrás. A variedade, testada em época de verão (1969/70) sob condições alternadas de excesso e falta de precipitação, caracterizou-se por baixa produtividade (879 kg/ha de grãos) e baixa percentagem de grãos nas espigas (70%), em comparação com a testemunha, híbrido duplo Agroceres 105 (4.046 kg/ha de grãos e 80% de grãos nas espigas).

O híbrido simples utilizado foi o (2b/68 x 669/62), que em testes anteriores (Groszmann & Bülow, não publicado) mostrou-se bastante produtivo. Não contém o gen braquítico.

Avaliação do híbrido triplo

Em 24 de março de 1970, foi plantado no campo experimental do Dept^o de Fitotecnia um ensaio em blocos ao acaso com seis repetições, com os seguintes tratamentos:

- 1) Híbrido triplo: 2b 68 x 669/62 x variedade braquítica;
- 2) Variedade braquítica;
- 3) Híbrido simples: (2b/68 x 669/62);
- 4) Híbrido duplo Agroceres 105;
- 5) Composto duro Rp 69i: (C. duro x Sel. Rp) x C. Duro x C. Duro;
- 6) Seleção Rp 69i: (Sel. Rp x C. Duro) x Sel. Rp x Sel. Rp.

Foram avaliados os seguintes caracteres, sendo que as alturas, foram medidas em dez plantas competitivas de cada parcela:

- 1) altura de planta, até a inserção da última folha;
- 2) altura de espiga, até a inserção da espiga superior;
- 3) número de plantas tombadas;
- 4) número de plantas quebradas;
- 5) número de espiga por planta;
- 6) percentagem de grãos nas espigas;
- 7) produção em kg/ha.

O ensaio irrigado duas vezes por aspersão.

O solo foi tipicamente arenoso (série Ecologia) cuja análise revelou níveis alto de fósforo e médio a alto de potássio, com pH = 6,3. Foi feita adubação nitrogenada em cobertura, 60 kg/ha de N.

O espaçamento foi de 0,80 m entre linhas e 0,50 m entre covas com duas plantas cada.

RESULTADOS

Ensaio de populações análogas

Os resultados da análise de variância dos caracteres observados acham-se resumidos no Quadro 1. As diferenças devidas à adubação foram significativas para todos os caracteres, menos para percentagem de grãos nas espigas (Fig. 1 e 2). As diferenças entre populações foram não significativas para percentagem de grãos e número de espigas e significativas para os demais caracteres. As interações adubação versus população foram significativas para altura de planta, peso de espiga, peso de grãos e peso de planta. As análises dessas interações deram os seguintes resultados, resumidos no Quadro 2 (Fig. 1 e 2): a população Br/br, com adubação completa (A), produziu mais que a população Br/Br (diferenças significativas de 25% e 24% para peso de espigas e peso de grãos, respectivamente) com menor peso de planta (diferença não significativa) e menor altura (diferença significativa de 6%); sem adubação completa (B), produziu menos (diferença não significativa) com menor peso de planta (diferença significativa de 19%). A população br/br, com adubação completa (A), produziu menos que a população Br/br, com adubação completa (A), produziu menos que a população Br/Br (diferenças significativas de 27% e 28% para peso de espigas e peso de grãos, respectivamente) com menor peso de planta (diferença significativa de 37%) e menor altura (diferença significativa de 40%); sem adubação completa também produziu menos (diferenças significativas de 41% e 46% para peso de espigas e peso de grãos, respectivamente), com menor peso de plantas (diferença significativa de 46%) e menor altura de planta (diferença significativa de 41%). Essa população também deu valores mais baixos que a população Br/br nestes quatro caracteres, só que dentro da adubação B as diferenças de peso de espigas e peso de planta não foram significativas (Quadro 2).

Avaliação do híbrido triplo

Os resultados do ensaio acham-se resumidos no Quadro 3. Praticamente todas as observações confirmam a posição intermediária do híbrido triplo em relação ao híbrido simples e à variedade braquítica. A variedade braquítica foi de uma inferioridade muito acentuada em relação aos dois híbridos, quanto à produção de grãos, número de espigas por planta, altura de planta e altura de espiga; quanto à percentagem de grãos nas espigas, suscetibilidade ao tombamento e à quebra e "stand" final, sua inferioridade foi pequena. O híbrido triplo comportou-se de maneira semelhante ao híbrido simples, ficando um pouco inferior em todos os caracteres observados, com

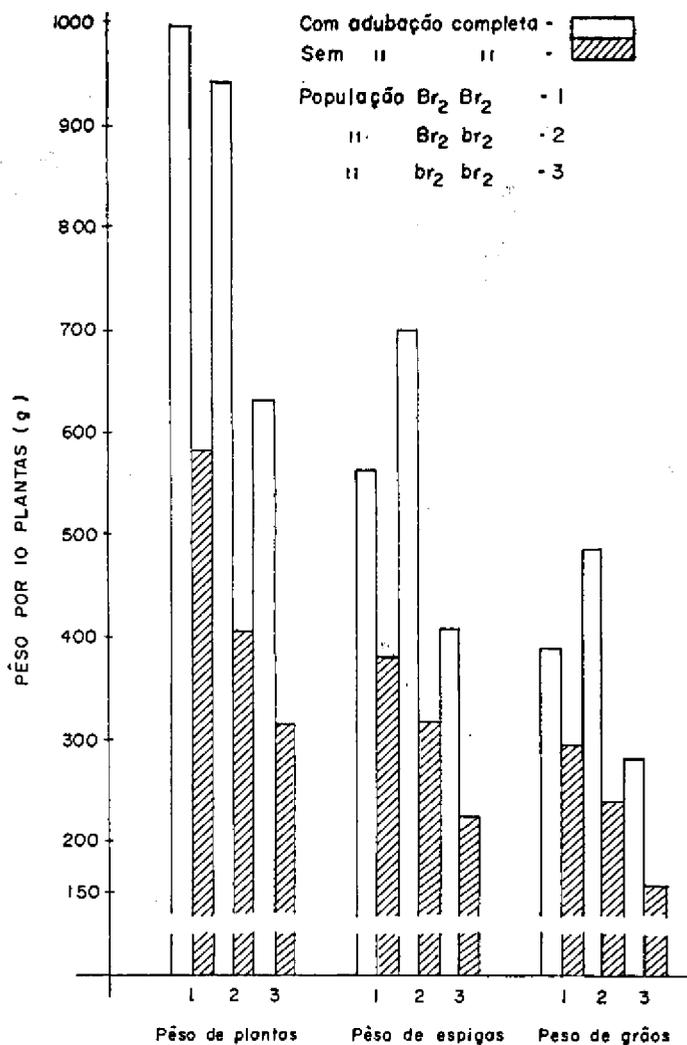


FIG. 1. Pêso das plantas sem espigas e sem raízes 12% de umidade, pêso das espigas despalhadas e pêso dos grãos em três populações análogas com adubação completa e sem adubação completa.

QUADRO 1. Resultados da análise de variância dos caracteres avaliados nas plantas do ensaio de populações análogas, com e sem adubação completa; valores dos testes F e coeficientes de variação

Caracteres analisados	Adubação		População		Adubação x População	
	F.	C.V. (%)	F.	C.V. (%)	F.	C.V. (%)
Altura de planta	9,1*	9,4	347,1**	4,3	24,7**	2,9
Altura de espiga	14,2*	14,0	263,8**	7,0	3,1	5,2
Pêso de espiga	334,1**	12,2	47,7**	15,1	6,8*	23,3
Pêso de grãos	77,2**	15,7	71,2**	14,8	4,9*	18,7
Porcentagem de grãos	6,1	6,5	1,8	5,1	—	5,9
Número de espigas	17,7*	12,3	3,2	5,9	—	8,1
Pêso de planta	122,3**	16,2	761,6**	2,9	4,7*	12,4

*Significativo ao nível de 5%.

**Significativo ao nível de 1%.

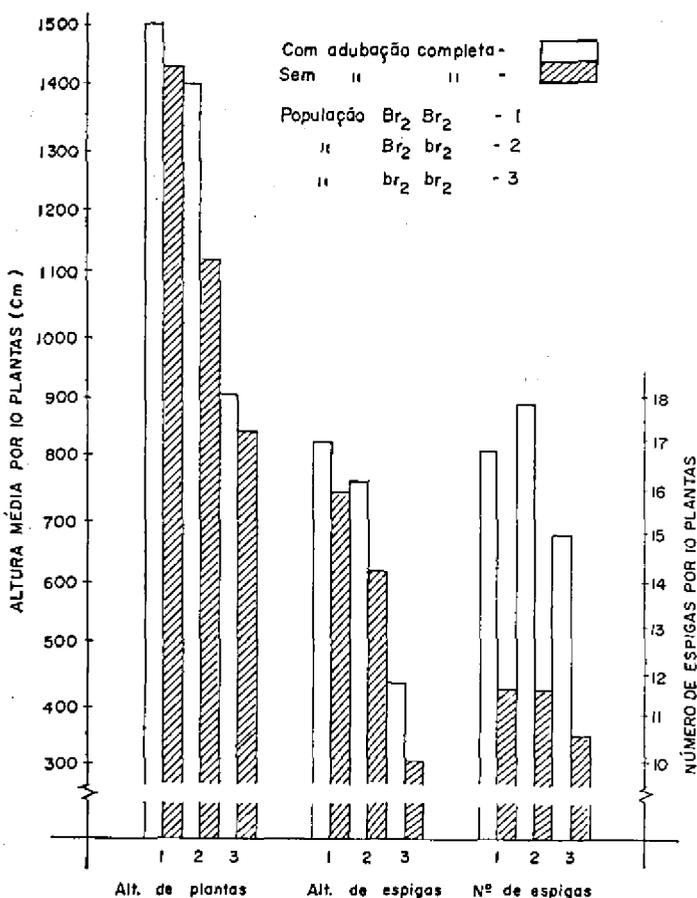


FIG. 2. Altura em cm até a inserção da última folha, altura de inserção da espiga superior (médias por 10 plantas) e número de espigas, em três populações análogas, com adubação completa e sem adubação completa.

QUADRO 2. Valores médios de 10 plantas por parcela, em gramas ou centímetros, no ensaio de populações análogas com diferentes dosagens do gen br, dos caracteres onde a interação adubação versus população foi significativa

Caracteres	Populações análogas	Adubações				dms (Tukey a 5%)
		A	%	B	%	
Peso de espigas despalhadas (g)	Br/Br	559	100	378	100	116 g
	Br/br	700	125	314	83	
	br/br	408	73	224	59	
	Médias	556		306		
Peso de grãos (g)	Br/Br	391	100	293	100	94 g
	Br/br	485	124	238	81	
	br/br	280	72	158	54	
	Médias	385		230		
Peso de planta a 12% de umidade (g)	Br/Br	994	100	580	100	131 g
	Br/br	942	95	407	70	
	br/br	629	63	313	54	
	Médias	855		433		
Altura de planta (cm)	Br/Br	1.495	100	1.432	100	57 cm
	Br/br	1.407	94	1.154	81	
	br/br	903	60	843	59	
	Médias	1.268		1.143		

exceção da resistência à quebra de plantas, que foi ligeiramente melhor. As plantas do híbrido simples atingiram a altura média exagerada de 2,39 m e o híbrido triplo ainda ficou mais alto que as variedades Seleção Rp e Composto duro e híbrido duplo da Agroceres, mas esta diferença não foi significativa.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os resultados do estudo das populações análogas indicam que a população intermediária, em condições de boa fertilidade do solo, pode ser mais eficiente em relação à população normal, produzindo mais (índice 124), com aproximadamente o mesmo peso seco da planta (índice 95) e ligeira redução da altura (índice 94). Sem dúvida, houve um efeito de sobredominância devido à combinação do genótipo braquítico com o genótipo normal, em "backgrounds" genéticos teoricamente iguais. Provavelmente, gens intimamente ligados ao gen braquítico influenciaram no efeito observado. Mas, por que a população intermediária, em condições de fertilidade bastante deficientes do solo, foi menos eficiente em relação população normal? Pois para ser de eficiência igual, deveria ter produzido com índice 92 e não 81, com o mesmo peso seco da planta de índice 70 (Quadro 2). A resposta talvez possa ser encontrada mediante o estudo do sistema radicular, pois uma redução do comprimento das raízes em solo pobre provavelmente terá efeitos negativos drásticos sobre a capacidade produtiva da planta.

A população braquítica comportou-se de acordo com o achado por Thompson (1966) no que diz respeito à altura de planta, que nos dois níveis de fertilidade teve índices relativos à população normal praticamente idênticos (60 e 59). Quanto à produção de grãos, porém, mostrou nítida "flexibilidade genética" capacitando-a de aproveitar a condição de alta fertilidade, embora em relativamente menor grau que a população intermediária.

No ensaio preliminar de avaliação do híbrido triplo intermediário, este não alcançou a produtividade do híbrido simples; mas aproximou-se bastante (índice 84) do híbrido simples (índice 100), o que é surpreendente em vista da produtividade extremamente baixa (índice 19,5) da variedade braquítica (Quadro 3). A causa aparente dessa baixa produtividade da variedade braquítica foi o baixo índice do número de espigas por planta (0,56); houve, também, um maior sombreamento das parcelas da variedade braquítica. Mas, conforme resultados relatados por Katta e Gil (1970) e Sokolov e Domasnev (1968), é possível obter variedades braquíticas de alta produtividade, as quais, provavelmente, podem dar origem a híbridos triplos mais produtivos que os respectivos híbridos simples normais, em condições de boa fertilidade do solo. Assim, em programa futuro, deverão ser selecionadas uma ou mais variedades braquíticas até atingirem nível de produção comercialmente aceitável para semente básica, quando então poderão ser testadas quanto à sua capacidade de combinação com vários híbridos simples normais.

QUADRO 3. Resultados do ensaio de avaliação do híbrido triplo (híbrido simples × variedades braquítica)

Tratamentos	Produção de grãos		Grãos nas espigas (%)	Espiga planta (n.º)	Altura/planta		Altura da espiga (m)	Plantas tombadas (%)	Plantas quebradas (%)	"Stand" final (%)
	(kg/ha)	(%)			(m)	(%)				
H. simples	4.881	100,0	80,0	1,15	2,39	100,0	1,33	17,8	9,3	98,3
H. simples x Var. braqu. 69i	4.102	84,0	77,7	1,10	2,16	90,4	1,22	19,1	7,8	95,8
Scl. Rp 69i	3.285	67,3	63,8	0,95	2,09	87,4	1,16	29,1	21,4	97,5
C. duro Rp 69i	3.101	63,5	72,2	0,85	1,97	82,4	1,07	18,1	6,9	96,7
Agroceres 105	2.909	59,6	72,3	0,98	1,95	81,6	1,10	20,8	22,5	100,0
Var. braquítica 69i	953	19,5	76,6	0,56	1,27	53,1	0,60	20,0	12,7	91,7
Médias	3.205		73,8	0,93	1,97		1,08	20,7	13,8	96,7
dms (Tukey a 5%)	1.465				0,26		0,20			
C.V.	25,6%				7,3%		10,4%			

REFERÊNCIAS

- Anderson, J.C. & Chow, P.N. 1963. Phenotypes and grain yield associated with brachytic-2 gene in single-cross hybrids of dent corn. *Crop Sci.* 3:111-113.
- Cook, O.F. 1915. Brachysm a hereditary deformity of cotton and other plants. *J. agric. Res.* 3(5):387-400, pl. 53-62. (Citado por Kempton 1921)
- Emerson, R.A., Beadle, G.W. & Fraser, A.C. 1935. A summary of linkage studies in maize. *Memoir 180*, Cornell University. 83 p.
- Katta, Y.S. & Gill, M.C. 1970. Some reasons for depressed yield in dwarf corns. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 44:24-25.
- Kempton, J.H. 1920. Heritable characters of maize. III. Brachytic culms. *J. Heredity* 11:111-115.
- Kempton, J. H. 1921. A brachytic variation in maize. *Bull.* 925, U.S. Dep. Agric. 28 p.
- Kempton, J.H. 1923. Inheritance of mesocotyl length in hybrids of brachytic maize. *Amer. Nat.* 57:374-377.
- Lambert, R.J. 1963. Location of brachytic-2 dwarf. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 37:41-42.
- Leng, E.R. & Vineyard, M.L. 1951. Dwarf and short plants. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 25:31-32.
- Leng, E.R., Mung, N. van & Fields, R. 1954. Studies with dwarf and brachytic stocks. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 28:54-55.
- Nelson, Jr., O.E. & Ohlrogge, A. J. 1957. Differential responses to population pressures by normal and dwarf lines of maize. *Science* 125:1200.
- Neuffer, M.G., Jones, L. & Zuber, M.S. 1968. The mutants of maize. *Crop. Sci. Soc. Amer.* (ed.), Madison, Wisconsin. 74 p.
- Singleton, W.R. 1959. Height potential in brachytic-2 and brachytic-3 types. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 33:3.
- Sokolov, B.P. & Domasnev, P.P. 1968. Brachytic forms in breeding hybrid maize. *Proc. All-Un. Lenin Acad. Agric. Sci.* 5:2-7. (*Pl. Breed. Abstr.* 38, n.º 6130)
- Stein, O.L. 1955. Rates of leaf initiation in two mutants of *Zea mays*, dwarf-1 and brachytic-2. *Am. J. Bot.* 42:885-892.
- Thompson, J.C. 1966. Dosage response to brachytic-2 gene in *Zea mays* L. *Diss. Abstr.* 26:5635. (*Pl. Breed. Abstr.* 37, n.º 6128)
- Thompson, J.C. & Everett, H.L. 1963. Brachytic-2 dwarf hybrids. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 37:20.
- Woodworth, C. M. 1941. *Maize Genetics Coop. Newsl.* 15:29. (Citado por Stein 1955)

EFFECT OF GENE BRACHYTIC-2 IN ANALOGUE POPULATIONS AND A HYBRID OF CORN (*Zea mays*)

Abstract

Three analogue populations with different br_2 gene dosage (Br_2/Br_2 normal, Br_2/br_2 intermediate, br_2/br_2 brachytic), with inbreeding coefficient $F = 0,5$, were tested for several characters of two levels of soil fertility: complete fertilization (A) and without complete fertilization (B).

All observed characters but grain percentage showed significant differences due to fertilizer levels.

Within each fertilizer level there were no significant differences in number of ears per plant between populations; the brachytic was inferior for all other characters but was not significantly different from intermediate population in ear yield and plant weight, within fertilizer level B.

Within fertilizer level A, the intermediate population yielded better in ears and grains than normal population, was nearly equal in plant weight (without ear and roots) and showed less plant and ear height.

Within fertilizer level B, the intermediate was inferior to the normal in all these characters, but yield differences were not significant.

These results suggest that in good soil fertility conditions, the production of triple hybrids (simple hybrid, normal x brachytic variety) might be of economic advantage.

On such hybrid was tested in good soil conditions in a preliminary field experiment. The brachytic variety used was notably inferior in yield, number of ears per plant, plant and ear height, comparatively to all other treatments (Table 3). In all these characters the triple hybrid was inferior to the simple hybrid but differences were not significant.

The author thinks that further research should be done, because there is a good probability to get successful results one could use more productive brachytic varieties which should have their combination capacity tested with a great number of normal simple hybrids.