

CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HÍBRIDOS DUPLOS DE MILHO

CARLOS EDUARDO CAIXETA DE CASTRO¹, MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO¹ E
RENATO BARBOSA CAMARGOS¹

¹*Ufla, Lavras, MG, Brasil, carloscaixetaagro@hotmail.com, magnoapr@ufla.br, rbarbosa_itba@hotmail.com*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.3, p. 364-370, 2014

RESUMO - O trabalho foi realizado para verificar as consequências das diferentes porcentagens de contaminação na produção de sementes F_1 de híbrido duplo. Contaminação devido ao pendão não retirado das linhas fêmeas, quando se utiliza como genitor feminino a população em equilíbrio derivada de híbrido simples. Os tratamentos avaliados foram oito porcentagens com plantas do genitor feminino (C), no desempenho da geração F_1 do híbrido duplo Ufla 1 (H), em três locais. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com seis repetições e quatro linhas com 100 plantas por parcela. Foram avaliados os caracteres altura de plantas e de espigas, produção de grãos por planta ($g\ plant^{-1}$) de C e H e produtividade de grãos por área. Constatou-se que, no H, a altura das plantas e de espigas aumenta com a redução da porcentagem de C na parcela. No caso da planta contaminante C, ocorreu o contrário. A produtividade, $g\ plant^{-1}$, tanto para C como para H foi incrementada com o aumento na porcentagem de plantas contaminantes. Cada 1% de plantas oriundo do genitor feminino (C) reduziu a produtividade de grãos, por área, em 58,4 $kg\ ha^{-1}$.

Palavras-chave: *Zea mays*; pólen; produtividade.

CONSEQUENCES OF CONTAMINATION ON THE PRODUCTION OF SEEDS OF MAIZE DOUBLE HYBRID

ABSTRACT - The study was carried out to examine the consequences of different percentages of contamination on the production of seeds of F_1 double hybrid. The contamination examined is caused by no removal of the tassel from the female lines when the equilibrium population derived from the simple hybrid is used as a female parent. The treatments evaluated were eight percentages with plants of the female parent (C) on the performance of the F_1 generation of the UFLA 1 double hybrid (H) in three locations. The experimental design used was randomized blocks with six replications and four rows with 100 plants per plot. The traits evaluated were plant height, ear height, grain yield per plant ($g\ plant^{-1}$) of C and H and grain yield per area. It was found that in H, plant height and ear height increased with the reduction in the percentage of C in the plot. In the case of the C contaminant plant, the opposite occurred. Yield ($g\ plant^{-1}$) increased with the increase in the percentage of contaminating plants for both, C and H rose. Every one percent of plants derived from the female parent (C) reduced grain yield by 58.4 $kg\ ha^{-1}$ per area.

Key words: *Zea mays*; pollen; yield.

No Brasil, ainda existe um grande contingente de produtores de milho, especialmente de agricultura familiar, que não utilizam sementes híbridas. Normalmente, eles empregam os grãos colhidos na safra anterior como sementes. Nessa condição, a produtividade é reduzida, o que acarreta prejuízo para os agricultores. O argumento para o não emprego do milho híbrido é o custo da semente. Uma opção seria o emprego de híbridos duplos, utilizando a tecnologia preconizada por Souza Sobrinho et al. (2002).

Na produção de híbridos duplos, são envolvidas quatro linhagens. Essas são cruzadas duas a duas obtendo dois híbridos simples. Esses são novamente cruzados para originar o híbrido duplo. Por esse método, é necessário manter as quatro linhagens parentais. Souza Sobrinho et al. (2002) verificaram que, quando se utiliza no lugar da geração F_1 do híbrido simples a sua segunda geração, obtém-se um híbrido duplo semelhante ao da geração F_1 dos correspondentes híbridos simples. Considerando que, exceto para os genes ligados, a população F_2 do cruzamento de duas linhagens está em equilíbrio de Hardy-Weinberg, basta semear a geração F_2 de cada híbrido simples isolado para se manter a população. Desse modo, o híbrido duplo pode ser obtido indefinidamente pelo cruzamento das populações em equilíbrio dos dois híbridos simples. Assim, é possível obter os híbridos duplos sem a necessidade das quatro linhagens parentais (Souza Sobrinho et al., 2002).

Uma vantagem adicional desse procedimento é que os próprios agricultores, especialmente aqueles das comunidades de agricultura tipicamente familiar, podem produzir as suas próprias sementes (Ramalho et al., 2012a). Uma dificuldade nesse caso é a operação de despendoamento do genitor feminino. Nesta operação, certamente devem ocorrer algumas contaminações, isto é, a não eliminação do pólen de plantas

do genitor feminino. Sendo assim, nas sementes do híbrido duplo, deve ocorrer alguma contaminação com sementes do genitor feminino. O que se questiona é qual a porcentagem de contaminação seria tolerável. No uso de híbridos duplos, em que a fêmea é a geração F_2 de um híbrido simples, essa informação não está disponível.

Do exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar as consequências das diferentes porcentagens de contaminação devido ao pendão não retirado durante a produção de sementes de híbrido duplo de milho.

Material e Métodos

O respectivo trabalho foi conduzido em três ambientes, sendo o primeiro semeado em novembro de 2011 no município de Ribeirão Vermelho (21° 10' de latitude Sul e 45° 04' de longitude Oeste). O segundo no município de Lavras (21° 13' de latitude Sul e 44° 58' de longitude Oeste), semeado em novembro de 2011. O terceiro, também no município de Lavras, semeado em janeiro de 2012.

Foi utilizado o híbrido duplo denominado Ufla1 (H), proveniente do cruzamento das populações derivadas dos híbridos simples G1 e G2. O genitor feminino foi a população G1 (C), a qual foi derivada da geração F_2 de um híbrido simples, após algumas gerações de inter cruzamentos.

Os tratamentos avaliados foram proporções de contaminação com as sementes fêmea: 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50 e 100%. No experimento de Lavras semeado em janeiro de 2012, foi incluída também a população utilizada como genitor masculino (G2). Os experimentos foram conduzidos com seis repetições, parcelas de quatro linhas com cinco metros de comprimento. O espaçamento entre linhas foi de

60 cm e o entre covas de 20 cm. Foram semeadas três sementes por cova, sendo mantida uma planta após o desbaste, perfazendo a população de 83.333 plantas ha⁻¹.

Para o tratamento com 1% de contaminação com o genitor feminino, foi colocada uma semente no centro da parcela. No tratamento com 2%, duas covas, sendo uma em cada linha no centro da parcela. Com 5% de contaminação, foram semeadas cinco covas com o genitor feminino, sendo duas em uma linha e três na outra no centro da parcela. Com 10% e 20%, foram semeados metade em uma linha alternadamente e o restante na outra linha central. Para o tratamento de 50%, as quatro linhas da parcela foram utilizadas. Para a posterior identificação das plantas contaminantes, no momento do plantio, as covas foram demarcadas. Após o desenvolvimento das plantas, as mesmas foram identificadas com etiquetas. Os tratos culturais foram realizados conforme o recomendado para a cultura do milho (Fornasieri Filho, 2007).

A altura de plantas e de espigas foi avaliada em dois locais e a produtividade de grãos, g planta⁻¹, foi obtida nos três locais. Foram obtidos os dados das plantas contaminantes e da primeira planta F₁ híbrida (H) próxima à contaminação. Desse modo, para 1% e 2% de contaminação, foram mensuradas as alturas do contaminante e da planta híbrida ao lado. Já para 5%, 10%, 20 e 50% de contaminação, foram mensuradas as alturas de cinco plantas contaminantes e cinco plantas híbridas. Para os tratamentos de 0% e 100%, foram mensuradas as alturas de cinco plantas no centro da parcela. Para a produtividade de grãos por área, kg ha⁻¹, foram colhidas todas as plantas, C + H.

Os dados foram submetidos à análise de variância por local e conjunta (Ramalho et al., 2012b).

Com as médias dos tratamentos, foram estimadas equações de regressão linear, considerando como variável dependente (Y) a altura de plantas e de espigas, produtividade em g planta⁻¹ e kg ha⁻¹ e, como variável independente (X), o percentual de contaminação.

Resultados e Discussão

Na análise de variância conjunta, dados não apresentados, para a altura de plantas e de espigas e produtividade em g planta⁻¹, constatou-se que as estimativas da acurácia, tanto para C quanto para H, foram altas, acima de 88%. Tal fato indica boa precisão experimental na avaliação desses caracteres (Resende & Duarte, 2007). Constatou-se, em todos os casos, que a fonte de variação ambientes foi significativa ($P \leq 0,01$). As médias obtidas no experimento conduzido em Ribeirão Vermelho sempre foram superiores. O efeito da porcentagem de contaminação foi significativo ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres, tanto para C, como para H. A interação porcentagem de contaminação com C x locais só foi significativa ($P \leq 0,01$) para a produtividade quando se consideraram as plantas híbridas F₁ (H).

A medida da altura sempre foi realizada em plantas híbridas próximas da contaminante. Nessa condição, a planta híbrida era beneficiada pela presença da contaminante que exercia menor demanda de nutriente e, sobretudo, de luz. A estimativa do coeficiente de regressão linear positivo (b1) comprova esse fato (Tabela 1). Já no caso da altura da planta contaminante, ocorreu o contrário: quanto menor a porcentagem do contaminante, maior a competição exercida pela planta híbrida, maior a altura da planta e da espiga. Aqui também, as estimativas de b1, nesse caso negativas, atestam o que foi comentado (Tabela 1).

Na produtividade média por planta de C, houve tendência de aumento, com o incremento da porcentagem das plantas do genitor feminino. Essa observação é comprovada por meio das estimativas do coeficiente de regressão linear entre a porcentagem do genitor feminino, variável independente (X), e a produtividade de grãos, variável dependente (Y) (Tabela 1). Veja que a estimativa do coeficiente de regressão linear (b_1) foi sempre positiva. Na média dos três ambientes, cada adição de 1% do genitor feminino contribui para o incremento de 4,61g planta⁻¹.

No caso da produtividade, g plantas⁻¹, das plantas híbridas F₁ (H), os resultados foram diferentes dos relatados para o genitor feminino. Ou seja: quanto maior a porcentagem de plantas híbridas F₁, menor o número de contaminações, menor a produtividade por planta (Tabela 1). Na média dos

ambientes, a estimativa de b_1 foi de -2,14, indicando redução de 2,14 g a cada 1% de plantas híbridas (H) adicionadas na parcela (Tabela 1).

Como era esperado, a produtividade, g planta⁻¹, de F₁ (H) foi superior à de C em todos os ambientes. Considerando a média dos ambientes, a produtividade por planta dos híbridos (H) foi 77% acima da obtida pelo genitor feminino, quando se compararam os tratamentos com 100% de C ou 100% de H. Na média de todas as porcentagens de contaminação, a produtividade relativa de H foi ainda maior em relação a C, 147% acima da média. Em um dialelo envolvendo linhagens de milho, conduzido nos mesmos locais, a heterose em relação à média dos pais foi de 102,6% para o mesmo caráter. Mas, entre os dez híbridos avaliados, a heterose variou de 42% a 149,5% (Ribeiro, et al., 2013). Em um

TABELA 1. Estimativas de b_0 e b_1 das equações de regressão linear entre a variável independente (X) porcentagem de contaminação com o genitor feminino e as variáveis dependentes (Y) altura de plantas, altura de espigas e produtividade de grãos por planta. Dados obtidos nas plantas híbridas (H), nas plantas genitoras femininas (C) e na média dos três ambientes.

| Origem da planta | Ambiente | Caráter | b_0 | b_1 | R ² |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------|--------|----------------|
| Genitor feminino (C) | | A. P. | 2,24 | -0,004 | 90,96** |
| | | A. E. | 1,26 | -0,002 | 76,33* |
| Híbrido F ₁ (H) | | A. P. | 1,94 | 0,004 | 67,93* |
| | | A. E. | 0,99 | 0,004 | 64,67* |
| Genitor feminino (C) | Ribeirão Vermelho | g planta ⁻¹ | 42,73 | 0,31 | 86,74** |
| | Lavras 11/2011 ¹ | g planta ⁻¹ | 40,12 | 0,17 | 37,65 |
| | Lavras 01/2012 ¹ | g planta ⁻¹ | 23,68 | 4,05 | 86,58** |
| | Média | g planta ⁻¹ | 26,82 | 4,61 | 98,6** |
| Híbrido F ₁ (H) | Ribeirão Vermelho | g planta ⁻¹ | 178,97 | -0,63 | 80,31** |
| | Lavras 11/2011 ¹ | g planta ⁻¹ | 116,63 | -0,97 | 5,63 |
| | Lavras 01/2012 ¹ | g planta ⁻¹ | 83,69 | -1,99 | 67,84* |
| | Média | g planta ⁻¹ | 120,31 | -2,14 | 81,20* |

*, **Significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de t. ¹Mês da semeadura.

levantamento realizado por Hallauer et al. (2010), a heterose média para a produtividade de grãos, g planta⁻¹, envolvendo híbridos derivados de populações em equilíbrio de Hardy-Weinberg foi inferior à obtida nesse trabalho, 20,63%.

O resumo da análise de variância conjunta para a produtividade de grãos, kg ha⁻¹, dados não apresentados, mostrou que, para esse caráter, a acurácia foi muito alta (= 97,9%). Ocorreu diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre os locais e porcentagem de contaminação. A interação porcentagem de contaminação x locais foi não significativa, indicando que a classificação dos efeitos da porcentagem de contaminação foi coincidente nos três locais. Observou-se que, em todos os locais, a produtividade média reduziu com o incremento na porcentagem de C (Tabela 2).

A estimativa da heterose, em kg ha⁻¹, considerando a média dos dois genitores, dados obtidos

somente em Lavras, semeadura em janeiro de 2012, foi de 52,8%. Já a heterose média dos três locais, em relação apenas ao genitor feminino, foi de 59,75% (Tabela 2). Em um experimento realizado no mesmo local, com a cultura do milho, observou-se uma heterose utilizando linhagens de 69,36% para produtividade de grãos (Ribeiro, et al., 2013).

Do que foi exposto, é esperada redução na produtividade por área com o incremento na porcentagem de contaminação. A estimativa do coeficiente de regressão linear, na média dos três ambientes, foi de -58,4 kg ha⁻¹ (Figura 1). No Brasil, o único relato encontrado a esse respeito foi de Pinho et al., (1996). Foi avaliada a contaminação com o genitor feminino em dois híbridos duplos, um híbrido triplo, um híbrido simples. As porcentagens de contaminação avaliadas foram 0%, 5%, 10%, 20% e 100%. Observou-se que, quando se considerou a

TABELA 2. Média e estimativas do coeficiente de regressão linear (b_1) para a produtividade de grãos de milho (kg ha⁻¹). Dados obtidos em três ambientes na safra de 2011/2012.

| Porcentagem de contaminante com G1 ² | Lavras (11/2011) ¹ | Ribeirão Vermelho (11/2011) ¹ | Lavras (01/2012) ¹ | Média |
|---|-------------------------------|--|-------------------------------|--------|
| 0 (Ufla 1) | 8887,1 | 9460,1 | 7428,2 | 8591,8 |
| 1 | 10293,3 | 8897,2 | 8142,8 | 9111,1 |
| 2 | 8323,9 | 8825,3 | 7879,6 | 8342,9 |
| 5 | 8681,8 | 8935,4 | 7366,3 | 8327,8 |
| 10 | 9010,6 | 8437,1 | 7082,1 | 8176,6 |
| 20 | 7588,9 | 6682,4 | 5950,4 | 6740,6 |
| 50 | 5865,7 | 6257,1 | 5767,4 | 5963,4 |
| 100 (G1) ² | 5414,4 | 5854,0 | 4865,9 | 5378,1 |
| 100 (G2) ² | - | - | 4856,0 | - |
| Média | 8008,2 | 7918,6 | 6810,3 | 7579,0 |
| b_1 | -68,5 | -62,7 | -44,1 | - |
| Heterose ³ | 64,1% | 61,6% | 52,7% | 59,5% |

*, **Significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de t. ¹Mês da semeadura.

produtividade por área, o efeito da contaminação variou com os híbridos. Constatou-se que, na média dos quatro híbridos e dos cinco locais, a redução na produtividade para cada 1% de contaminação com o parental feminino foi de 27,05 kg ha⁻¹, correspondendo a 0,5% de produtividade por área. Ficou evidenciado, por esse trabalho, que, mesmo utilizando como genitor feminino uma população derivada de híbridos simples em equilíbrio, a contaminação com o genitor feminino tem efeito expressivo na produtividade de grãos do híbrido duplo.

Conclusões

A contaminação com o genitor feminino, a população derivada do híbrido simples de milho em equilíbrio de Hardy-Weinberg, no campo de produção da geração F₁ do híbrido duplo, afeta a altura de

plantas e de espigas e a produtividade de grãos. Na geração F₁ do H, a altura de plantas e de espigas aumenta com o incremento da porcentagem de plantas F₁ híbridas. No caso da planta contaminante, ocorre o contrário.

Quando se considera a produtividade por planta de C ou H, ocorre incremento com o aumento na porcentagem de plantas contaminantes. Contudo, 1% de plantas oriundas do genitor feminino reduz a produtividade de grãos, por área, em 58,4 kg ha⁻¹.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas aos autores.

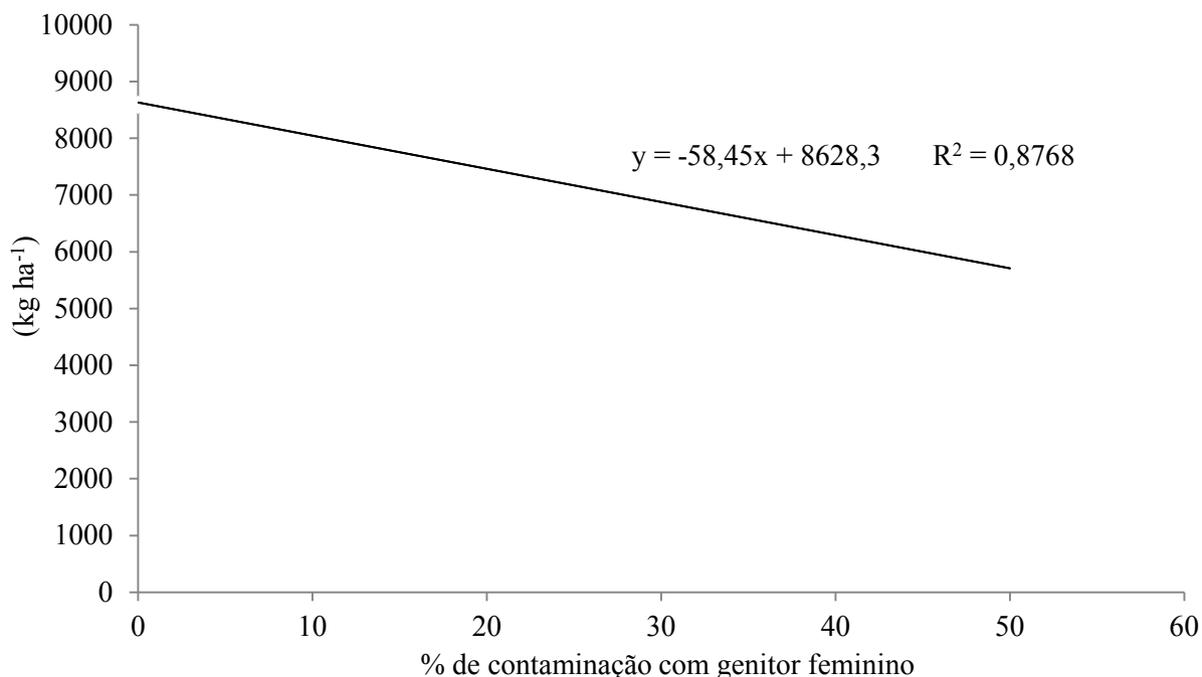


FIGURA 1. Equação de regressão linear entre a variável dependente (Y) produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e a variável independente (X) porcentagem de contaminação com o genitor feminino. Dados médios obtidos nos três ambientes na safra de 2011/2012.

Referências

- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da Cultura do Milho**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 574 p.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. New York: Springer, 2010. v. 6, 604 p.
- PINHO, E. V. R. V.; PINHO, R. G. V.; CICERO, S. M. Efeito da contaminação genética em campos de produção de sementes sobre o comportamento de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 256-261, 1996.
- RAMALHO, M. A. P.; CASTRO, C. E. C.; PADUA, J. M. V.; CARDOSO, G. A.; LEITE, M. E. R.; LOGATO, E. S.; SOUZA, J. C. Difusão de híbridos de milho para comunidades de agricultura familiar. **ELO Diálogo com Extensão**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 59-64, 2012a.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012b. 328 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- RIBEIRO, C. B.; RAMALHO, M. A. P.; PRADO, P. E. R. Contribuição dos caracteres da espiga e da planta de milho para a heterose na produção de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, 2013. No prelo.
- SOUZA SOBRINHO, F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 70-76, 2002.