

ANÁLISE DIALÉLICA DA DEGRADABILIDADE *IN SITU* DA MATÉRIA SECA DA SILAGEM DE MILHO

MAXIMILIAN DE SOUZA GOMES¹, RENZO GARCIA VON PINHO², MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO³, DENYS VITOR FERREIRA⁴, TIAGO GERALDO LIMA⁴

¹Eng. Agrônomo, Dr. em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG. E-mail: maxsgomes@uol.com.br (autor para correspondência).

²Professor do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG. E-mail: renzo@ufla.br

³Professor do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG. E-mail: magnoapr@ufla.br

⁴Aluno da Graduação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal 37, CEP. 37200-000 Lavras, MG.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.3, n.1, p.108-119, 2004

RESUMO - Uma das melhores formas de se avaliar a qualidade da silagem de uma cultivar de milho é por meio da degradabilidade da planta inteira. A existência de variabilidade genética para essa característica tem sido demonstrada em vários trabalhos. Contudo, há poucas informações sobre o seu controle genético e alternativas de melhoramento que podem ser utilizadas. Considerando a importância da degradabilidade na obtenção de uma silagem de milho de qualidade, este trabalho visou obter informações sobre o seu controle genético com o intuito de auxiliar futuros programas de melhoramento. Para isso, foram utilizadas 12 linhagens, previamente selecionadas, sendo 6 de maior e 6 de menor degradabilidade, para compor um dialelo parcial 6 x 6 mais as linhagens parentais. As sementes dos híbridos e das respectivas linhagens foram semeadas em área experimental da UFLA, em 2 épocas de semeadura (04/11/2001 e 11/12/2001). Para cada época, foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos e um experimento DBC com 3 repetições, para as linhagens. No estádio de meia linha de leite dos grãos, procedeu-se à colheita das plantas que foram trituradas, homogeneizadas e ensiladas em tubo de PVC por 40 dias. Após esse período, foi retirada uma amostra que foi seca em estufa a 55°C até atingir peso constante, sendo triturada para a realização do teste. Para avaliação da degradabilidade das silagens, foi utilizada a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), sendo utilizadas 4 vacas fistuladas, em que cada animal recebeu as amostras das parcelas que foram incubadas por 24 horas. Procedeu-se à análise do dialelo, utilizando a metodologia de Gardner e Eberhart (1966), adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldi (1984) e também utilizando a metodologia de Griffing (1956) e adaptada para o dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). Foi verificado que o atraso na época de semeadura reduziu a degradabilidade da silagem de milho e, conseqüentemente, a sua qualidade. A heterose manifestada foi de baixa magnitude, contribuindo, em média, com menos de 7% para o desempenho dos cruzamentos avaliados. Foi verificada a predominância de efeitos aditivos para a herança da característica em questão. Ficou evidenciado que a melhor estratégia de melhoramento com o objetivo de se produzir cultivares de milho para a produção de silagem é por meio do cruzamento de genitores que possuam alta DISMS de suas silagens e com boa capacidade combinatória para os caracteres, nos quais a heterose apresenta maior importância.

Palavras-chave: milho, silagem, degradabilidade, controle genético.

DIALLEL ANALYSIS OF IN SITU DEGRADABILITY OF CORN SILAGE DRY MATTER

ABSTRACT - One of the best ways of evaluating the quality of the silage of a corn cultivar is through the degradability of the whole plant. The existence of genetic variability for this trait has been shown in a number of studies. However, there is little information on its genetic control and breeding alternatives which may be utilized. Considering the importance of digestibility in obtaining a high quality corn silage, this work aims at obtaining information on its genetic control in order to help future breeding programs. For this purpose, 12 lines previously selected were used, 6 being of greater and 6 of lower degradability, to make up a 6 x 6 partial diallel, plus the parental lines. The seeds of the hybrids and of the respective lines were sown in an experimental area of the UFLA at two sowing seasons (November and December). For each season an experiment was set up in 6 x 6 triple lattice for the hybrids and a RBD experiment with three replications for the lines. At the hard-dough stage, the plants were harvested, ground, homogenized, oven-dried at 55°C until constant weight, and then ground again to be tested. For evaluation of the degradability of the silages, *in situ* dry matter degradability (ISDMD) was employed and four fistulated cows were given the samples of the plots which were incubated for 24 hours. The analysis of the diallel was proceeded by utilizing Gardner and Eberhart's methodology (1966) and was adapted to the partial diallel by Miranda Filho and Geraldi (1984). It was found that the delay at sowing time reduced corn silage degradability; hence its quality. Manifested heterosis was of low magnitude, contributing on average with less than 7% to the performance of the crosses evaluated. The predominance of additive effects to the inheritance of the trait was verified. It became clear that the best breeding strategy to produce corn cultivars for silage production is by crossing parents with high ISDMD and good combining abilities for characters, being heterosis highly important.

Key words: maize, silage, digestibility, genetic control.

A silagem de milho é um excelente alimento volumoso para os ruminantes devido a seu bom conteúdo energético e alto consumo pelos animais. Sua importância é indiscutível tanto para a bovinocultura de leite como a de corte, em sistemas que adotam o confinamento e, como suplemento, nos sistemas de produção a pasto. Entretanto, a capacidade de produção de matéria seca de uma cultivar não é suficiente para avaliá-la para o uso como silagem. É necessária também a determinação da qualidade da matéria seca produzida.

Por um longo tempo, melhoristas e agricultores, com o objetivo de produzir uma silagem de qualidade, assumiram que uma boa cultivar de milho para produção de grãos era adequada também para produção de silagem, devido a maior degradabilidade

do grão em relação ao restante da planta. No entanto, Coors *et al.* (1994) e Oliveira *et al.* (1997) mostraram não haver correlação entre a porcentagem de grãos e a degradabilidade da parte vegetativa (haste mais folhas) da silagem de milho.

Uma das formas de se avaliar a qualidade da silagem de uma cultivar de milho para silagem é por meio da degradabilidade da planta inteira, uma vez que, teoricamente, uma amostra do material analisado combina o percentual e a qualidade de suas diferentes partes (Oliveira *et al.*, 1997).

A existência de variabilidade genética para a degradabilidade da silagem de milho tem sido demonstrada em vários trabalhos, por meio de testes *in vitro*, *in vivo* e *in situ* (Argillier e Barrière, 1996; Fonseca, 2000 e Gomes *et al.*, 2001). Contudo, há

poucas informações sobre o seu controle genético e alternativas de melhoramento que podem ser utilizadas.

Uma técnica que possibilita obter informações sobre o controle genético dos caracteres é a de cruzamentos dialélicos. Esse método auxilia também na escolha de genitores com base na capacidade de combinação, sendo de utilidade para os programas de melhoramento (Veiga, 1998).

Considerando a importância da degradabilidade na obtenção de uma silagem de milho de qualidade, este trabalho visou obter informações sobre o seu controle genético, visando orientar futuros programas de melhoramento.

Material e Métodos

A partir da avaliação da degradabilidade *in situ* de 36 linhagens tomadas ao acaso do programa

de melhoramento da empresa Geneseeds Recursos Genéticos em Milho Ltda, foi realizada uma seleção baseada nos resultados da degradabilidade da matéria seca no tempo de 24 horas de incubação. Foram selecionadas 12 linhagens, sendo 6 de maior (Grupo 1) e 6 de menor degradabilidade (Grupo 2) (Tabela 1).

Foi instalado um campo isolado com as linhagens selecionadas, para obtenção das combinações híbridas. Os cruzamentos foram realizados seguindo o esquema de dialelo parcial, sendo o primeiro grupo de genitores (G 1) constituído pelas linhagens de maior degradabilidade e o segundo (G 2), de menor, obtendo-se 36 híbridos.

As sementes dos trinta e seis híbridos do dialelo e das respectivas linhagens parentais foram semeadas em área experimental da UFLA, Lavras – MG, em duas épocas de semeadura, 04/11/2001

TABELA 1. Características das linhagens utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

	Linhagem	Ciclo	Tipo de grão	Cor do grão	DISMS 24H
Grupo 1 Maior degradabilidade	GNS 019	Precoce	Semidentado	Laranja	55,4
	GNS 041	Normal	Semiduro	Laranja	55,2
	GNS 057	Precoce	Semidentado	Amarelo	53,8
	GNS 063	Precoce	Duro	Laranja	53,8
	GNS 066	Precoce	Duro	Laranja	55,8
	GNS 076	Precoce	Duro	Laranja	53,6
Grupo 2 Menor degradabilidade	GNS 029	Normal	Semiduro	Laranja	48,9
	GNS 030	Precoce	Duro	Laranja	44,7
	GNS 042	Precoce	Semiduro	Laranja	45,6
	GNS 065	Precoce	Duro	Laranja	48,6
	GNS 079	Normal	Dentado	Amarelo	48,7
	GNS 083	Normal	Semidentado	Laranja	48,6

e 11/12/2001. Para cada época de sementeira, foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos e um experimento, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, e para as doze linhagens parentais. Os blocos de cada experimento por época de sementeira foram colocados de forma intercalada, ou seja, foi colocado um bloco do látice com os híbridos, seguido de um bloco das linhagens, procurando-se, assim, evitar a competição entre híbridos e linhagens.

As parcelas foram constituídas de 2 linhas de 5 metros, espaçadas de 0,8 metros e com uma densidade de 60.000 plantas por hectare. No momento da sementeira, foram aplicados, em ambos os experimentos, 400 kg.ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 0,5% de Zn. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira adubação de cobertura com a aplicação de 300 kg.ha⁻¹ da formulação 20-00-20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação de 130 kg.ha⁻¹ de uréia. Foi realizado, também, a aplicação de adubação foliar com o produto comercial Arrank da Quimifol® aos 30 dias após sementeira, na dosagem de 2 litros.ha⁻¹. Os tratamentos culturais realizados nas duas épocas de sementeira, bem como o combate de pragas foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

Para a confecção da silagem, as plantas das parcelas foram colhidas, cortando-as a 20 cm do solo, quando os grãos das espigas de cada linhagem ou híbrido apresentavam-se no ponto denominado de meia linha de leite dos grãos (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Nesse estágio, a porcentagem de matéria seca das plantas variou entre 30 e 40%. Na seqüência, as plantas foram picadas em picadeira e homogeneizadas para a retirada da amostra a ser ensilada. Essa amostra, de mais ou menos 2 kg, foi ensilada em silos experimentais de PVC, cilíndrico,

com aproximadamente 45 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Após 40 dias, a silagem foi retirada, misturada e, em seguida, retirou-se 900 gramas de amostra, que foi seca em estufa a 55° C até atingir peso constante. Logo após a secagem, ela foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 5mm para a condução do ensaio de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), realizada segundo a metodologia descrita por Pereira (1997). Essas determinações foram efetuadas por meio de incubação ruminal no tempo de 24 horas (Oliveira *et al.*, 1997), utilizando-se saquinhos, sendo que cada animal recebeu todas as amostras da matéria seca das plantas das parcelas dos dois experimentos.

Para a confecção dos saquinhos, foi utilizado um tecido denominado failete “poliéster”, com dimensões de 9 x 15cm. O fechamento das bordas foi feito por meio de solda obtida com o uso de resistência elétrica (máquina seladora). Em cada saquinho foram colocadas 5 gramas de amostra seca a 55° C, correspondendo a uma relação de 18,5mg.cm⁻².

Foram utilizados 4 vacas lactantes da raça Holandesa com cânula ruminal. Não foi necessário um período de adaptação com o objetivo de se obter boas condições ruminais para a realização da degradabilidade *in situ*, pois os animais já estavam recebendo uma dieta a base de silagem de milho e concentrado, a qual foi mantida durante as incubações. Os saquinhos foram colocados dentro de uma sacola de filó com a adição de pesos para mantê-los imersos no rúmen. O número de saquinhos por animal foi de 288 unidades, o que corresponde ao número de parcelas do campo (144) multiplicado pelo número de épocas de sementeira (2).

Após serem retirados do rúmen dos animais, os saquinhos foram imediatamente colocados em água gelada para a paralisação do processo de degradação. Em seguida, foram lavados com leve agitação em sistema de tanque com hélice agitadora,

renovando-se a água até a mesma se apresentar transparente. Posteriormente, os saquinhos foram colocados novamente em estufa a 55° C até peso constante, e logo após foram pesados. Pela diferença de peso entre essa pesagem e a efetuada antes de incubar os materiais, determinou-se a quantidade de matéria seca degradada no rúmen, expressa em porcentagem de matéria seca degradável.

Os dados obtidos para a degradabilidade *in situ* da matéria seca foram submetidos inicialmente à análise de variância. Posteriormente, utilizando os resultados médios obtidos com base nas repetições, épocas de semeadura e vacas utilizadas, procedeu-se à análise do dialelo, utilizando a metodologia de Gardner e Eberhart (1966) e adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldi (1984). Foi realizada também a análise dialélica, utilizando a metodologia de Griffing (1956) e adaptada para o dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância evidencia que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV), pode ser considerada satisfatória, sendo o CV inferior a 12%. Ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) apenas para as fontes de variação de épocas de semeadura, vacas, tratamentos e para a interação épocas x vacas (Tabela 2).

Com relação às épocas de semeadura foi observada diferença expressiva em relação à degradabilidade das linhagens e híbridos, sendo que o atraso acarretou em decréscimo na degradabilidade das silagens (Tabela 3). Para a semeadura realizada em novembro, a DISMS média foi de 51,93% e 44,98% para a semeadura realizada em dezembro, ou seja, redução de 6,95 pontos percentuais com o atraso na semeadura (Tabela 3). O efeito do atraso da época de semeadura na redução da degradabilidade da silagem vem corroborar com os resultados

obtidos por Villela (2001), que também observou menor degradabilidade da silagem com o atraso na semeadura. Isso indica que a semeadura do milho para produção de silagem na época recomendada aumenta não só a produtividade de silagem, mas também a qualidade da silagem produzida.

Na região sudeste do Brasil, onde se situa o estado de Minas Gerais, a época de semeadura recomendada para a cultura do milho é outubro-novembro (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Alguns trabalhos realizados na região mostram que o atraso na semeadura acarreta perdas expressivas na produção de grãos (Souza, 1989; Avelar *et al.*, 1996 e Gonçalves *et al.*, 1996), bem como na produção de forragem total de milho (Ramalho, 1999 e Villela, 2001). No entanto, o atraso na época de semeadura ainda é um fato comum, devido a fatores como atraso do início do período chuvoso, dependência

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta, envolvendo as duas épocas de semeadura, para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), considerando quatro vacas e 48 tratamentos (36 híbridos e 12 linhagens). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Blocos/Épocas	4	47,78
Épocas (E)	1	13880,90**
Vacas (V)	3	246,37**
E x V	3	383,38**
Erro 1	12	12,65
Tratamentos (T)	47	274,12**
T x V	141	13,61
T x E	47	45,20
Erro 2	188	31,80
T x V x E	141	13,21
Erro 3	564	13,02
CV 1 (%)		7,34
CV 2 (%)		11,64
CV 3 (%)		7,45
Média		48,46

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste de F.

do aluguel de maquinários e implementos e até mesmo por falta de informações dos produtores quanto à época ideal de semeadura.

A diferença observada entre vacas era esperada, uma vez que há variação genotípica entre os animais e, assim sendo, a degradabilidade da silagem não deve ser a mesma em todos os animais avaliados. Foi observada também, como comentado anteriormente, significância para a interação épocas x vacas, indicando que os resultados verificados para a degradabilidade da silagem por época de semeadura não foram coincidentes nos animais utilizados (Tabela 3).

Constatou-se que o comportamento dos híbridos e linhagens foi semelhante nas duas épocas de semeadura e também com o animal utilizado na avaliação da degradabilidade devido à não significância das interações tratamentos x épocas e tratamentos x vacas (Tabela 2).

Foi verificada concordância no desempenho para a degradabilidade das linhagens avaliadas neste trabalho com os resultados obtidos na avaliação preliminar dessas linhagens. A única exceção foi a linhagem GNS 029, selecionada para o grupo 2 de menor degradabilidade, que apresentou DISMS equivalente às linhagens GNS 019 e GNS 076, selecionadas para o outro grupo (Tabela 4). Para as demais linhagens a diferença se repetiu, prova

disso foi a maior DISMS observada para o grupo de alta degradabilidade que foi de 49,85%, superior ($P < 0,01$) aos 42,8% do grupo de baixa degradabilidade verificada na análise dialélica pela significância da diferença entre grupos (Tabela 5). Esses resultados mostram que o caráter é pouco influenciado pelo ambiente e também que o efeito da interação é de pequena magnitude.

A média das linhagens parentais foi de 46,3% e dos híbridos de 49,1 %, indicando que houve heterose média percentual de 6,1%. É oportuno enfatizar, contudo, que se forem consideradas apenas as linhagens do Grupo 1, as de maior degradabilidade, o desempenho dos híbridos é bem próximo ao das linhagens. Esse resultado, em princípio, indica que há predominância dos efeitos aditivos no controle desse caráter, uma vez que o valor observado para a heterose foi de baixa magnitude.

Na análise dialélica, utilizando o modelo de Gardner e Eberhart (1966), adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho e Geraldi (1984), observaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) para as fontes parentais do grupo 1, parentais do grupo 2 e entre grupos (Tabela 5). As significâncias observadas para os parentais dos grupos 1 e 2 indicam que existe variação entre as linhagens dentro de cada grupo, como já havia sido constatado anteriormente. O fato mais expressivo é que a média das linhagens

TABELA 3. Médias da degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), obtida por vaca, em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). UFLA, Lavras – MG, 2003.

Vacas	Épocas de semeadura		Média
	Novembro	Dezembro	
1	53,38 a	43,42 c	48,40 a
2	52,06 b	45,94 b	49,00 a
3	51,48 b	47,01 a	49,25 a
4	50,78 c	43,57 c	47,18 b
Média	51,93	44,98	48,46

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Média dos 36 híbridos e das 12 linhagens parentais para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, avaliados em duas épocas de semeadura e em quatro vacas. UFLA, Lavras – MG, 2003.

Genitores	Grupo 2*						Média das linhagens do G1		
	029	030	042	065	079	083			
Grupo 1*	019	46,2 c	46,1 c	44,7 d	49,4 b	48,8 b	50,0 b	45,9 c	
	041	49,3 b	47,3 c	47,0 c	53,2 a	53,0 a	51,7 a	53,0 a	
	057	50,4 b	48,8 b	46,6 c	50,2 b	51,1 a	51,5 a	50,8 b	
	063	48,2 b	50,2 b	45,7 c	51,2 a	51,4 a	50,3 b	50,6 b	
	066	49,4 b	48,9 b	49,8 b	53,6 a	50,0 b	52,8 a	51,2 a	
	076	48,8 b	45,1 d	43,6 d	51,1 a	46,7 c	46,5 c	47,4 c	
		Média geral dos híbridos →						49,1	49,8
Média das linhagens do G2	46,9 c	38,9 f	39,1 f	42,2 e	44,8 d	44,9 d	42,8	46,3	

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento de acordo com o teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

*Grupo 1 e grupo 2 referem-se as linhagens selecionadas para maior e menor degradabilidade respectivamente.

do grupo 1, que foi de 49,8%, foi 7,0 pontos percentuais superior à do grupo 2 que foi de 42,8, evidenciando novamente a eficácia da seleção preliminar efetuada anteriormente. Essa diferença média observada de 7,0% entre grupos é um valor expressivo. Johnson (1985) estimou que um acréscimo de 2% na degradabilidade da matéria orgânica da forragem de milho pode representar para uma vaca com 600 kg de peso e produção de 25 kg de leite (4% de gordura) por dia, um acréscimo de 596g de leite. A diferença média observada de 7,04 nesse trabalho resultaria em aproximadamente 70 kg de matéria seca degradável a mais por tonelada de silagem produzida, resultando em aproximadamente 210 kg de leite a mais.

Muito embora a heterose não fosse expressiva procurou-se detalhar o seu comportamento e verificar quais as alternativas teriam os melhoristas

para aproveitá-las. Na análise dialélica, foi observada diferença significativa ($P < 0,01$) para a heterose média. A heterose média detecta a diferença entre a média dos parentais e a média de todos os cruzamentos. Isso indica que a DISMS dos híbridos (49,17%) foi superior a DISMS das linhagens (46,33%) e que os desvios de dominância são predominantes no sentido de aumentar a degradabilidade. No entanto, calculando-se a heterose percentual, verifica-se que a heterose variou de 0 a 14,9% com valor médio de 6,13% (Tabela 6). Esse valor de heterose pode ser considerado baixo quando comparado aos relatados na literatura para outros caracteres na cultura do milho como, por exemplo, para produção de grãos, em que têm sido verificados valores de heterose variando de 20,7 a 97,8% (Souza Sobrinho, 2001).

Outro componente significativo no desdobramento da heterose foi a heterose dos parentais

TABELA 5. Resumo da análise conjunta envolvendo as duas épocas de semeadura para dialelo parcial 6 x 6 para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). UFLA, Lavras-MG, 2003.

F.V.	GL	QM
Épocas de Semeadura (A)	1	13879,44**
Tratamentos (T)	47	274,08**
Parentais G1	5	476,28**
Parentais G2	5	638,76**
Grupos (G)	1	3567,60**
Heterose (H)	36	103,92**
Heterose Média	1	1727,88**
Het. Par. G1 (H1)	5	25,68
Het. Par. G2 (H2)	5	164,04**
Het. Específica (H 1,2)	25	42,60
T x A	47	45,12
Par. G1 x A	5	11,88
Par. G2 x A	5	31,44
Grupos x A	1	183,00*
H x A	36	47,88*
Het. Média x A	1	3,00
H 1 x A	5	115,20**
H 2 x A	5	28,44
H 1,2 x A	25	40,08
Erro	188	31,8

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F.

do grupo 2. Isso indica haver variabilidade na manifestação do vigor híbrido apenas entre os genitores deste grupo, em que há maior divergência genética entre as linhagens, como pode ser comprovado por meio da estimativa da repetibilidade, obtida a partir do quadrado médio dos parentais deste grupo (Tabela 5), que foi de 95,0%.

A maior variabilidade genética na manifestação da heterose entre as linhagens do grupo 2 em relação às do grupo 1 é evidenciada também pelas maiores estimativas de heterose, tanto positivas quanto negativas (Tabela 7). No grupo 1, as estimativas variaram de -0,96 (GNS 076) a 0,96 (GNS 066). No grupo 2, as estimativas variaram de -2,45 (GNS 029) a 2,61 (GNS 065). A linhagem GNS 065, apesar do desempenho satisfatório em combinações

híbridas, apresenta um fraco desempenho “per se”, como pode ser observado pelas estimativas dos efeitos dos parentais.

Com o intuito de se confirmar a predominância dos efeitos aditivos no controle genético da degradabilidade da silagem de milho, também foram avaliadas as capacidades gerais de combinação (CGC) das linhagens, uma vez que a CGC está relacionada aos efeitos aditivos dos genes. Para isso, utilizou-se a metodologia de Griffing (1956) e adaptada para o dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). As capacidades gerais de combinação de ambos os grupos foram significativas ($P < 0,01$) e representaram mais de 80% da soma de quadrados dos cruzamentos, evidenciando a maior participação da CGC para a DISMS (Tabela 8).

TABELA 6. Valores de heterose por híbrido para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, avaliados em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Linhagem	GNS 029	GNS 030	GNS 042	GNS 065	GNS 079	GNS 083	Média
GNS 019	-0,15 (0,0)	3,74 (8,8)	2,25 (5,3)	5,40 (12,2)	3,42 (7,5)	4,55 (10,0)	3,20 (7,3)
GNS 041	-0,64 (0,0)	1,36 (3,0)	0,97 (2,1)	5,62 (11,8)	4,12 (8,4)	2,73 (5,6)	2,36 (5,1)
GNS 057	1,86 (3,2)	4,04 (9,0)	1,67 (3,7)	3,77 (8,1)	3,28 (6,9)	3,67 (7,7)	3,05 (6,4)
GNS 063	-0,59 (0,0)	5,42 (12,1)	0,86 (1,9)	4,82 (10,4)	3,65 (7,6)	2,53 (5,3)	2,78 (6,2)
GNS 066	0,39 (0,8)	3,85 (8,5)	4,76 (10,5)	6,97 (14,9)	2,00 (4,2)	4,77 (9,9)	3,79 (8,1)
GNS 076	1,67 (3,5)	1,93 (4,5)	0,42 (1,0)	6,26 (14,0)	0,59 (1,3)	0,35 (0,8)	1,87 (4,1)
Média	0,42 (1,2)	3,39 (7,6)	1,82 (4,0)	5,47 (11,9)	2,84 (5,9)	3,10 (6,5)	2,83 (6,1)

Valores entre parênteses referem-se as heteroses percentuais.

TABELA 7. Estimativas do efeito do parental (p_i), heterose do parental (h_i) e capacidade geral de combinação (g_i), para a degradabilidade *in situ* da matéria seca das linhagens parentais do grupo 1 e do grupo 2, avaliadas em duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Linhagens	p_i	h_i	g_i
Grupo 1			
GNS 019	-3,91	0,37	-1,58
GNS 041	3,19	-0,47	1,13
GNS 057	0,95	0,14	0,61
GNS 063	0,82	-0,04	0,37
GNS 066	1,36	0,96	1,64
GNS 076	-2,41	-0,96	-2,17
Grupo 2			
GNS 029	4,10	-2,45	-0,40
GNS 030	-3,91	0,56	-1,40
GNS 042	-3,76	-1,01	-2,89
GNS 065	-0,59	2,61	2,32
GNS 079	2,02	0,02	1,03
GNS 083	2,13	0,27	1,34
Desvios das estimativas	5,15	3,64	0,65

Analisando a expressão da CGC: $g_i = 0,5 p_i + h_i$, verifica-se que ela é dependente não só do efeito do parental, ou seja, do desempenho “per se” da linhagem, mas também da heterose manifestada

TABELA 8. Resumo da análise conjunta, envolvendo as duas épocas de sementeira para o dialelo dialelo parcial 6 x 6 para a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS). UFLA, Lavras – MG, 2003.

FV	GL	QM
Cruzamentos	35	155,16**
CGC grupo 1	5	335,62**
CGC grupo 2	5	537,59**
CEC	25	42,59
Épocas (E)	1	10234,97**
C x E	35	41,91
CGC 1 x E	5	52,71
CGC 2 x E	5	40,23
CEC x E	25	40,09
Erro	188	31,8

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste de F.

nos cruzamentos com esta linhagem. Daí deduz-se que apesar da CGC estar relacionada aos efeitos aditivos, ela é função também da heterose. No entanto, a heterose mostrou-se homogênea entre os parentais do grupo 1. No grupo 2, que foi constatado efeito significativo da heterose, este foi devido principalmente à divergência dos parentais do que devido à dominância para o carácter em questão. Pode-se deduzir, então, que, para a DISMS, a CGC das linhagens depende principalmente do efeito dos parentais, que, por sua vez, é proveniente do efeito aditivo dos genes.

Entretanto, a capacidade específica de combinação (CEC), que corresponde, na análise de Gardner e Eberhart (1966), à fonte de variação heterose específica e é relacionada aos efeitos não aditivos, foi não significativa, mostrando que os cruzamentos foram homogêneos e exibiram comportamentos esperados, de acordo com a CGC dos seus parentais.

Os resultados obtidos por meio da avaliação da capacidade de combinação das linhagens estão de acordo com os resultados encontrados por

Argillier *et al.* (2000), que avaliaram linhagens de milho, também em um dialelo parcial, com o objetivo de verificar a possibilidade de se fazer seleção preliminar ao nível de linhagens para caracteres relacionados à degradabilidade da silagem. Os autores verificaram resultados que corroboram com os aqui obtidos, como significância das CGC de ambos os grupos e efeito não significativo da CEC, bem como destacaram a CGC como a mais importante fonte de variação de todas as características relacionadas à degradabilidade da silagem. Roth *et al.* (1970), Dhillon *et al.* (1990) e Silva (2002) trabalharam com a percentagem de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e também com lignina, todas características associadas à degradabilidade da silagem, e observaram efeitos significativos tanto para CGC quanto para a CEC, no entanto os autores também destacam a maior importância da CGC.

Do exposto, fica evidente que, nos programas de melhoramento, o melhorista deve concentrar a atenção em obter híbridos cada vez mais produtivos e estáveis do que os já existentes. Contudo, sobretudo para regiões em que o uso de silagem é grande, além dos caracteres já mencionados, ele deverá selecionar linhagens com boa degradabilidade e, evidentemente, com alta capacidade de combinação para os demais caracteres. Assim procedendo, ele não só obterá híbridos produtivos como também com boa degradabilidade de sua silagem.

Fica evidente também que é perfeitamente possível conduzir um programa de melhoramento para melhor degradabilidade das linhagens, haja vista, que, para esse carácter, há predominância dos efeitos aditivos. É muito provável que o esforço direcionado na obtenção de linhagens com boa degradabilidade, porém com grande heterose para os demais caracteres, seja a principal estratégia para se obter, no futuro, híbridos produtivos e com silagem de alta qualidade. Vale destacar, neste contexto, a importância da busca por produtividade também,

uma vez que, dificilmente um híbrido com alta degradabilidade de sua silagem, porém com baixa produtividade de grãos e matéria seca, caracteres os quais a heterose é bastante explorada, seria recomendado comercialmente.

Conclusões

O atraso na época de semeadura reduz a degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho e, conseqüentemente, a sua qualidade;

A heterose contribui, em média, com menos de 7% para o desempenho dos cruzamentos avaliados;

Foi verificada a predominância de efeitos aditivos para a herança da degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho;

A melhor estratégia de melhoramento com o objetivo de se produzir cultivares de milho para a produção de silagem é por meio do cruzamento de genitores que possuam alta DISMS de suas silagens e com boa capacidade combinatória para os caracteres, em que a heterose apresenta maior importância.

Literatura Citada

ARGILLIER, O.; BARRIÈRE, Y. Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during the growing season. **Maydica**, Bérghamo, v. 41, n. 1, p. 279-285, 1996.

ARGILLIER, O.; MÉCHIN, V.; BARRIÈRE, Y. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p.1596-1600, 2000.

AVELAR, F. M.; CARVALHO, S. P.; RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P. Interação cultivares de milho x épocas de semeadura para produção de grãos e silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Set. 1996.

COORS, J. G.; CARTER, P. R.; HUNTER, R. B. Silage corn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 305-340.

DHILLON, B. S.; PAUL, Chr.; ZIMMER, E.; GURRATH, P. A.; KLEIN, D.; POLLMER, W. G. Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 931-936, 1990.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FONSECA, A. H. **Características químicas e agrônômicas associadas à degradabilidade da silagem de milho**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GARDNER, C. O., EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 419-430, June 1988.

GOMES, M. S. de; PINHO, R. G. von; OLIVEIRA, J. S.; VIANA, A. C. Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. CD-ROM (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).

GONÇALVES, G. A.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Seleção de famílias de meios irmãos de milho em três épocas de semeadura visando produção de

- silagem. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 218, Sept. 1996.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourn, v. 9, p. 463-493, 1956.
- JOHNSON, J. R.; MONSON, W. G.; PETTIGREW, W. T. Variation in nutritive value of corn hybrids for silage. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 32, n. 4, p. 953-958, 1985.
- MIRANDA FILHO, J. B., GERALDI, I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 677-688, Sept. 1984.
- OLIVEIRA, J. S. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. v.1, p. 161-163.
- OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P. de; CRUZ C. D.; PEREIRA, A. V.; LOPES, F. C. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 2, p. 230-234, 1999.
- PEREIRA, M. N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal by products**. 1997. 186 f. Thesis (Ph.D.). - University of Winconsin, Madison.
- RAMALHO, A. R. **Comportamento de famílias de meios irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho**. 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ROTH, L. S.; MARTEN, G. C.; COMPTON, W. A.; STUTHMAN, D. D. Genetic variation for quality traits in maize (*Zea mays* L.) forage. **Crop Science**, Madison, v. 10, p. 365-367, 1970.
- SILVA, P. C. **Seleção recorrente recíproca e cruzamentos dialélicos em milho (*Zea mays* L.) para a obtenção e avaliação de híbridos forrageiros**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais**. 1989. 80 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SOUZA SOBRINHO, F. **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. 96 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- VEIGA, R. D. **Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores, avaliada com simulação de dados**. 1998. 95 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.