EFEITOS DO GENE Lg_3 EM CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS DO MILHO
(*Zea mays* L.)

ROSELI TERESINHA PAES BARBOSA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSLY

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

B238e Barbosa, Roseli Teresinha Paes
 Efeitos do gene Lg3 em características agrônômicas
 do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1992.
 72p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Milho - Característica agrônômica 2. Milho -
Melhoramento I. Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, Piracicaba

CDD 633.15

EFEITOS DO GENE Lg_3 EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO
(*Zea mays* L.)

ROSELI TERESINHA PAES BARBOSA

Aprovada em 03/07/92

Comissão julgadora:

Prof. Dr. João Rubens Zinsly

ESALQ/USP

Prof. Dr. Gerhard Bandel

ESALQ/USP

Prof. Dr. Eric Balmer

ESALQ/USP

Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSLY

Orientador

OFEREÇO

Aos meus pais e irmão.

À José Fernando.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos sinceros às pessoas e entidades que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho:

- Prof. Dr. João Rubens Zinsly, pela orientação;
- Srs: Walter Pompermayer, Antonio Serrano, José Ré e Angelino Formaggio, pela colaboração na coleta dos dados;
- Professores do Departamento de Genética da ESALQ/USP, pela formação acadêmica;
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida;
- Kátia Maria de Andrade Ferraz, pela revisão da literatura citada;
- Colegas do curso de pós-graduação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE QUADROS E TABELAS	vi
RESUMO	x
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Genes que conferem ausência de lígula em milho ..	05
2.1.1 Efeitos em características morfológicas ...	06
2.1.2 Efeitos em características agronômicas	07
2.2 Densidades elevadas de plantio em milho	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Materiais	14
3.2 Metodologia	16
3.2.1 Experimento 1	17
3.2.1.1 Delineamento	17
3.2.1.2 Preparo do material	19
3.2.1.3 Preparo do solo	19
3.2.1.4 Plantio	20
3.2.1.5 Tratos culturais	20
3.2.1.6 Desbaste	20
3.2.1.7 Coleta de dados	22
3.2.1.8 Análise dos dados	22

	iv
3.2.2 Experimento 2	24
3.2.2.1 Delineamento	24
3.2.2.2 Preparo do material	24
3.2.2.3 Preparo das mudas	25
3.2.2.4 Preparo do solo	26
3.2.2.5 Transplante	26
3.2.2.6 Tratos culturais	26
3.2.2.7 Coleta de dados	27
3.2.2.8 Análise dos dados	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Experimento 1	29
4.1.1 Peso de grãos	29
4.1.2 Peso de 100 grãos	39
4.1.3 Prolificidade	44
4.2 Experimento 2	49
4.2.1 Altura da planta e da espiga	49
4.2.2 Diâmetro do colmo	51
4.2.3 Número de folhas acima da espiga superior .	52
4.2.4 Número de fileiras e comprimento da espiga	53
4.2.5 Peso de 100 grãos	54
4.2.6 Peso de grãos	55
4.3 Cosiderações finais	56
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE	70

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Distribuição no campo dos fatores: espaçamento, populações e presença de lígula no Experimento 1.	21
Figura 2: Aspectos fenotípicos das versões normais e "ligulelless" durante o período de florescimento.	57

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Página
Quadro 1 - Modelo da análise de variância utilizado no experimento 1 (blocos ao acaso com parcelas sub-sub-divididas)	23
Quadro 2 - Modelo de análise de variância utilizado no experimento 2 (blocos ao acaso)	28
Tabela 1 - Análise de Variância para Produção de Grãos, à Nível de Média por Parcela (gramas/planta). Piracicaba, 1990.	30
Tabela 2 - Análise de Variância para Produção de Grãos (gramas/planta) à Nível de Média das Plantas com competição completa. Piracicaba, 1990. ...	31
Tabela 3 - Análise de Variância para Peso de Grãos por Planta (gramas/planta). Valores Referentes às Plantas com Meia Competição. Piracicaba, 1990.	32
Tabela 4 - Média para Produção de Grãos (gramas/planta) para as Populações Segregantes, quando Submetidas à Dois Espaçamentos entre Linhas	35

Tabela 5 - Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados.	37
Tabela 6 - Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados (espaçamento entre linhas de 0,5 m)	38
Tabela 7 - Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados (espaçamento entre linhas de 1,0 m)	39
Tabela 8 - Análise de Variância para Peso de 100 Grãos, ao Nível de Média por Parcela (gramas). Piracicaba, 1990.	40
Tabela 9 - Análise de Variância para Peso de 100 Grãos, ao Nível de Média das Plantas com Competição Completa (gramas). Piracicaba, 1990.	41
Tabela 10 - Análise de Variância para Peso de 100 Grãos, ao Nível de Média das Plantas com Meia Competição (gramas). Piracicaba, 1990.	42
Tabela 11 - Análise de Variância para Prolificidade com Base em Média por Parcelas. Piracicaba, 1990.	44

Tabela 12 - Análise de Variância para Prolificidade com Base em Plantas com Competição Completa. Piracicaba, 1990.	45
Tabela 13 - Análise de Variância para Prolificidade com Base em Plantas com Meia Competição. Piracicaba, 1990.	46
Tabela 14 - Prolificidade Média Observada nas Populações Quando Submetidas às Densidades de 50.000 e 100.000 Plantas por Hectare. Piracicaba, 1990.	47
Tabela 15 - Prolificidade (número de espigas por planta) das Populações com e sem Lígula com Base em Plantas com Competição Completa, nas Densidades de Plantio Utilizadas.	48
Tabela 16 - Análise de Variância da Variável Altura da Planta	50
Tabela 17 - Análise de Variância da Variável Altura da Espiga	50
Tabela 18 - Análise de Variância para Diâmetro do Colmo.	51

Tabela 19 - Análise de Variância para Número de Folhas acima da Espiga Superior.	52
Tabela 20 - Análise de Variância para Número de Fileiras.	53
Tabela 21 - Análise de Variância para Comprimento de Es- piga	53
Tabela 22 - Análise de Variância para Peso de 100 grãos.	54
Tabela 23 - Análise de Variância para Peso de Grãos (g/pl)	55

EFEITOS DO GENE Lg_9 EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO
(*Zea mays* L.)

Autora: Roseli Teresinha Paes Barbosa

Orientador: Prof. Dr. João Rubens Zinsly

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos do gene Lg_9 , o qual controla a ausência de formação de lígula nas folhas de milho, em características agronômicas através da análise de dois experimentos, instalados na Estação Experimental de Anhumas (Piracicaba, SP), no ano agrícola de 1990/91.

No primeiro experimento, oito populações segregando 1:1 para o gene foram avaliadas através do delineamento de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, onde os fatores eram: espaçamento entre linhas (0,5 e 1,0 metro), genótipos (oito populações RC_1) e presença de lígula. Neste ensaio foram coletados dados referentes à: peso de grãos (gramas por planta), peso de 100 grãos (gramas) e prolificidade (número de espigas por planta); com base em média por sub-sub-parcela e com base na competição entre as plantas na linha (competição completa ou meia competição).

No segundo experimento, uma amostra de vinte e sete populações segregantes foi avaliada de acordo com o

delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições. Neste ensaio foram consideradas as características: altura da planta (metros), representada pela distância entre o solo e a inserção da folha bandeira; altura da inserção da espiga superior (metros); diâmetro do colmo (centímetros), medido no internódio imediatamente acima da inserção da espiga superior; número de folhas acima da inserção da espiga superior, comprimento de espiga (centímetros); número de fileiras; peso de grãos (gramas por planta) e peso de 100 grãos (gramas).

Os resultados obtidos para peso de grãos foram contrastantes. No primeiro experimento, foi observado superioridade dos genótipos com lígula ao nível de 1 % de probabilidade, ao passo que no segundo não foi detectado diferença significativa.

A diferença foi atribuída à maior exigência dos genótipos sem lígula por água, que também contribuiu para menor prolificidade e maior peso de 100 grãos no período em que houve déficit hídrico (Experimento 1).

No segundo experimento, não foi observada diferença significativa para as características avaliadas.

A partir dos dados obtidos notou-se que a introdução do gene Lg_9 em plantas de milho é promissora, no sentido de alterar a arquitetura da planta, produzindo materiais com aspectos semelhantes aos dos híbridos mais recentes. Entretanto, o gene apresenta efeitos distintos no

genoma de acordo com as características intrínsecas deste e das condições ambientais da avaliação. A maior susceptibilidade dos genótipos Lg₉ por estresse hídrico, implica que, um programa de seleção nas populações receptoras para tolerância a estas condições pode resultar em genótipos Lg₉ mais estáveis.

GENE Lg_9 EFFECTS IN AGRONOMICAL CHARACTERISTICS OF MAIZE
(*Zea mays* L.)

Author: Roseli Teresinha Paes Barbosa

Adviser: Prof. Dr. João Rubens Zinsly

SUMMARY

This work had as objective studying the effects of gene Lg_9 in agronomical characteristics of maize throughout the analyses of two experiments, conducted in the Estação Experimental de Anhumas (Piracicaba, São Paulo) in the agricultural year of 1990/1991.

In the first experiment, segregating populations 1:1 to the gene were evaluated through random block design in split-split-plot, with four replications, where the factors were: spacing between lines (0,5 and 1,0 meter), genotypes (populations RC_1) and presence of ligula.

In this experiment data were collect on: grain yield, weight of a hundred grains and prolificacy, based both on the split-split-plot average and competition among plants in line (half or total competition).

In the second experiment a sample of twenty and seven segregating populations were evaluated according to random block design, with six replications. In this experiment the following characteristics were considered: plant height, ear height, stalk diameter at internode above

the first ear insertion, leaves number above the first ear, ear length, lines number of the ear, grains weight and weight of a hundred grains.

The results obtained for grain weight were contrasting. In the first experiment a superiority of genotypes with ligula 1 % probability level was observed, while in the second no significant differences were detected.

The introduction of Lg_9 gene in the populations changed the architecture of plants, that became similar to modern hybrids. Although, different effects were observed related to the genetic background of the populations and to environmental conditions of essay. The susceptibility of liguleless genotypes for hydric stress showed that the improvement program to resistance to environmental stress in the receptor populations may increase liguleless stability.

1. INTRODUÇÃO

As plantas de milho, assim como todas as gramíneas, possuem um conjunto de células diferenciadas que separam a bainha do limbo foliar, formando a estrutura denominada de lígula. Esta diferenciação é governada por genes principais de caráter dominante ou recessivo. Quando esta estrutura está ausente nos genótipos, têm-se os materiais "ligulelless", que caracterizam-se por menor ângulo de inserção das folhas no colmo, o que contribui para menor sombreamento das folhas inferiores, maior homogeneidade da incidência de luz entre as folhas e, conseqüentemente, na distribuição de fotossintetizados, sobretudo em densidades elevadas de plantio.

A utilização de plantas de milho com folhas sem lígula em programas de melhoramento tem sido avaliada desde a década de sessenta, e em média, os resultados têm-se mostrado promissores, embora haja uma diferença significativa de acordo com o gene, genótipo e densidade de plantio utilizados. Entretanto, todos os híbridos de milho comercializados no Brasil apresentam folhas com lígula.

Recentemente, tem sido considerada a mudança

na arquitetura foliar utilizando-se poligenes, de forma que os híbridos recentes de maior valor comercial apresentam folhas eretas, largas e curtas. Estas características contribuíram para a utilização de maiores densidades de plantio.

A seleção de genótipos com folhas sem lígula constitui uma alternativa para mudança da arquitetura foliar, consistindo o maior trabalho na adequação do genótipo à presença de um gene principal estranho ao mesmo. Desta forma, com o presente trabalho procurou-se esclarecer os seguintes aspectos relacionados ao gene Lg_9 , o qual determina a ausência de lígula nas folhas de milho:

a) avaliar seu efeito nas características altura da planta, altura da espiga, diâmetro do colmo, número de folhas acima da primeira espiga, número de fileiras, prolificidade, peso de grãos e peso de 100 grãos, através do estudo de populações segregantes;

b) verificar a existência de interações do gene com o conjunto gênico no qual é incorporado, através da análise individual de populações segregantes;

c) avaliar o comportamento relativo destes genótipos nas densidades de plantio de 50.000 e 100.000 plantas por hectare.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O milho é uma das espécies que apresenta maior número de genes identificados. Calcula-se que mais de 1.000 genes principais agem em diferentes características da planta. Muitos destes genes conferem caracteres desejáveis, que podem ser usados em programas de melhoramento, para atender objetivos específicos (BANDEL, 1987).

Alguns exemplos podem ser relacionados, de acordo com informações relatadas por O'BRIEN (1987):

- a) série Ht (resistência à *Exserohilum turcicum*);
- b) série Rp (resistência à *Puccinia sorghi*);
- c) série br (redução do internódio);
- d) série lg (ausência de lígula);
- e) Lg₉ (ausência de lígula);
- f) bm (menor teor de lignina);
- g) waxy (amilose substituída por amilopectina);
- h) série su (aumento teor de açúcares no endosperma);
- i) série sh (aumento teor de açúcares no endosperma);
- j) bt (aumento teor de açúcares no endosperma);
- l) o₂ (maior teor de lisina).

Os efeitos destes genes em características

agronômicas podem ser avaliados através do estudo comparativo entre genótipos que difiram somente quanto a presença do mesmo, podendo ser representados por: linhagens isogênicas (DOLLINGER, 1986; LIU & CHEN, 1985; HUNSPERGER & DAVIS, 1987; PALIY *et alii*, 1990), híbridos isogênicos (DJISBAR & BREWBAKER, 1987; GENTINETTA *et alii*, 1990; PALIY *et alii*, 1990) ou populações segregantes (POZAR, 1981; ROCHEFORD *et alii*, 1989; ZINSLY *et alii*, 1988).

É importante a caracterização do germoplasma no qual se deseja introduzir o gene, como exemplo pode-se citar a redução na altura de planta e espiga devido a incorporação do gene *br-2* de forma mais promissora em germoplasmas tropicais (DJISBAR & BREWBAKER, 1987 e ROCHEFORD *et alii*, 1989).

DJISBAR & BREWBAKER (1987) verificaram que a incorporação direta do gene em linhagens endogâmicas tinha um efeito depressivo muito forte, de forma que populações braquíticas deveriam ser utilizadas para a obtenção de linhagens. Observaram, também, maior interação das versões braquíticas com época de plantio. Embora houvesse maior redução na produção de grãos durante o período de inverno, alguns híbridos *br-2* não mudaram o comportamento.

Correlações com o "background genético" têm sido uma constante nos trabalhos realizados. PALIY *et alii* (1990) observaram uma redução média no peso de grãos no estágio de milho verde de 9,2 % com a incorporação do gene

su-2 em linhagens e híbridos de milho, no entanto, alguns híbridos mantiveram-se constantes. LIU & CHEN (1985), analisando o efeito do gene waxy, verificaram a superioridade de alguns genótipos waxy, embora em média houvesse a superioridade das versões normais. De forma semelhante, GENTINETTA *et alii* (1990) observaram uma redução média de 13,3 % na produção de grãos e de 18,5 % na produção de matéria seca após a introdução do gene "brown midrib-3", sendo que alguns genótipos apresentaram valores próximos as versões normais, indicando a possibilidade da obtenção de genótipos com baixo teor de lignina e características agronômicas aceitáveis. LEE & BREWBAKER (1984) relacionaram a redução de produção devido a incorporação do gene bm3 à redução dos fotossintetizados, variável de acordo com o genótipo.

Apesar das dificuldades para a incorporação de genes mutantes, considera-se que a produção e seleção de linhagens endogâmicas de milho a partir de populações que receberam genes mutantes é um método efetivo para a produção de híbridos próximos ao ideotipo da cultura (DOLLINGER, 1986).

2.1 Genes que conferem ausência de lígula em milho

Até a presente data foram identificados três genes principais, que agem de forma independente, para a

determinação da ausência de lígula em folhas de milho: lg_1 , lg_2 e Lg_3 , sendo que lg_1 e lg_2 têm ação gênica recessiva e Lg_3 dominante.

O gene lg_1 está localizado no braço curto do cromossomo 2, posição 11 e o lg_2 no braço longo do cromossomo 3, posição 93 (O'BRIEN, 1987). Em estudos realizados por KERMICLE & DEMOPULOS-RODRIGUES (1980), observou-se ligação do gene lg_2 com ig , que confere grãos de tamanho reduzido, com uma taxa de 13,3 % de recombinação.

A posição do gene Lg_3 era atribuída à região do centrômero do cromossomo 3 (O'BRIEN, 1987), mais recentemente, em trabalho realizado por POETHIG (1988), a localização deste gene foi verificada no braço curto do cromossomo 3, posição $16,5 \pm 1,8$.

A formação da lígula é inibida durante o desenvolvimento foliar, através de alterações nas divisões anticlinais que precedem a formação da mesma. Em estudos realizados com o gene lg_1 , verificou-se que a ação do gene possivelmente ocorre durante a vascularização basipetal (BECRAFT *et alii*, 1990).

2.1.1 Efeitos em características morfológicas

É sabido que com a ausência de lígula ocorre redução do ângulo de inserção da folha no colmo, tornando possível o aumento da área foliar exposta ao sol. VIDOVIC

(1979) observou menor redução da área foliar exposta ao sol com o aumento de densidade de plantio em genótipos sem lígula.

A diminuição do ângulo de inserção das folhas no colmo, devido a ausência de lígula, é variável de acordo com o gene incorporado. LAMBERT & JOHNSON (1978) mediram o ângulo de inserção da primeira folha acima da espiga, observando ângulos de $11 - 12^{\circ}$ e de $20 - 28^{\circ}$ para genótipos lg_1 e lg_2 , respectivamente. Este ângulo muda de acordo com a posição das folhas no colmo, FRÖLICH *et alii* (1977b) observaram ângulos de $18, 19$ e $47 - 51^{\circ}$ para as folhas situadas abaixo da espiga de genótipos lg_2 , Lg_3 e normais. Para as folhas acima da espiga observaram $12, 4$ e $38 - 39^{\circ}$ para os respectivos genótipos. Entretanto, esta não deve ser a única característica considerada para o aumento da taxa fotossintética, deve-se considerar, também, outros caracteres morfológicos que interferem na taxa de respiração de manutenção e de crescimento da planta (PEREIRA, 1988; SILVA *et alii*, 1976; VIETOR *et alii*, 1977; WINTER & OHLROGGE, 1973).

2.1.2 Efeitos em características agronômicas

PENDLENTON *et alii* (1968) foram os primeiros pesquisadores a analisar os efeitos de folhas eretas em genótipos de milho, observando superioridade média de 41 %

para produção de grãos na densidade de plantio de 59.304 plantas por hectare. A menor performance dos genótipos com folhas não eretas foi associada com o maior número de plantas estéreis.

A superioridade de genótipos contendo o gene lg_2 tem-se mostrado variável de acordo com as condições ambientais. FRÖLICH (1977) verificou uma superioridade média para produção de grãos de 9,9 % dos genótipos lg_2 em condições irrigadas. Em condições não ideais de cultivo, estes genótipos mostraram-se 3,4 % inferiores. Em estudos realizados em 1973 e 1974 nas estações experimentais de Eckartsweier e de Forchheim, na Alemanha, por FRÖLICH *et alii* (1977b), foi observado uma interação por ano e por local dos híbridos isogênicos lg_2 e Lg_9 para as características avaliadas. Esta interação foi atribuída à maior demanda por nutrientes e por água após a introdução dos genes (FRÖLICH *et alii*, 1977a). PIOVACI (1984) também encontrou na umidade do solo um fator limitante para a avaliação de genótipos sem lígula de milho, e recomendou o melhoramento para resistência à seca associado à ausência de lígula, governada por lg_1 , lg_2 e Lg_9 .

Estes fatores contribuem para a existência de trabalhos contrastantes na literatura, alternando a identificação do gene mais promissor para programas de melhoramento.

O gene lg_1 foi identificado como o mais

promissor para a incorporação da característica em genótipos de milho, conforme indicaram os estudos realizados por GRECU & OCHESANU (1981), STUPA (1980), STUPA (1983) e YAHYA & ANDOR (1989).

GRECU & OCHESANU (1981) reconheceram a superioridade do gene lg_1 somente em densidades elevadas de plantio (70.000 e 90.000 plantas por hectare); com 50.000 plantas por hectare foi observado a superioridade do híbrido comercial normal. STUPA (1983) relacionou a ausência de lígula com maior susceptibilidade à *Ustilago maydis* e *Sphacelotheca reiliana*, agentes causais do carvão comum e carvão do topo em milho. Entre os três genes analisados, lg_1 foi o que apresentou menor efeito negativo.

Estudos comparativos entre híbridos isogênicos lg_1 , wx, su e o_2 , indicaram que a versão lg_1 só foi superada pelo genótipo waxy (YAHYA & ANDOR, 1989).

O gene lg_2 apresentou os efeitos mais negativos nos estudos realizados por STUPA (1980), sendo este resultado atribuído à ligações gênicas não desejáveis. Entretanto, foi o mais promissor nos trabalhos realizados por CONTI & LANDI (1981), LAMBERT & JOHNSON (1978) e MIKU & FRUNZE (1980).

CONTI & LANDI (1981) verificaram menor efeito da remoção das folhas abaixo da espiga em genótipos lg_2 em relação aos tipos normais quanto a produção de grãos, de matéria seca e umidade do grão e do colmo. Sem a remoção, foi observado grande diferença entre os tipos, particularmente em

altas densidades.

MIKU & FRUNZE (1980), analisaram 87 híbridos lg_1 , 13 lg_2 e 27 Lg_3 , observando que em solos ricos os genótipos lg_2 eram muito superiores. Em condições normais havia pouca superioridade dos genes lg_2 e Lg_3 , variável de acordo com o ano e densidade. Genótipos lg_1 sempre foram inferiores às versões normais.

Genótipos lg_1 e lg_2 foram em média superiores às versões normais quanto a produção de grãos nas densidades de 75.000 e 90.000 plantas por hectare, sendo lg_2 sempre superior. Na densidade de 60.000 plantas por hectare foi observado superioridade das versões normais (LAMBERT & JOHNSON, 1978).

A superioridade do gene lg_2 em altas densidades de plantio foi também observada no trabalho realizado por POZAR (1981). Neste estudo foi verificado que a população sem lígula era superior para produção de grãos em 17,5% e 2,0%, nas densidades de 80.000 e 60.000 plantas por hectare. Com 50.000 plantas por hectare foi observado superioridade da população normal em 17,2%.

Para alguns germoplasmas não foram detectadas diferenças entre híbridos lg_1 e lg_2 , sendo estes superiores aos híbridos normais nas densidades de 70.000 (SARCA et alii, 1984), 80.000 e 90.000 plantas por hectare (GRECU et alii, 1985).

2.2 Densidades elevadas de plantio em milho

Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos no sentido de estudar o comportamento de genótipos de milho em diferentes densidades de plantio, destes serão apresentados a seguir apenas aqueles diretamente relacionados com este trabalho.

De forma geral pode-se dizer que a existência de interações entre genótipos e densidade de plantio tem sido uma constante nestes trabalhos (GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979).

Os híbridos mais recentes de milho tendem a maximizar a produção de grãos em densidades elevadas de plantio (DERIEUX *et alii*, 1987 e TOLLENAAR, 1989). Isto ocorre devido ao melhoramento para maior resistência à podridão do colmo, aumentando o estande; para maior resistência ao estresse e para características morfológicas como maior prolificidade, menor altura de planta e de espiga, folhas eretas e largas (DWYER *et alii*, 1991; TROYER & ROSENBROOK, 1978).

Quando os genótipos são submetidos à densidades superiores às especificadas para os mesmos, verifica-se maior competição por nutrientes, água e luz acarretando supressão do crescimento e, principalmente, do desenvolvimento das estruturas reprodutivas, aumentando a esterilidade feminina, diminuindo o número de sementes por

espiga e aumentando a defasagem no período de florescimento masculino e feminino, mesmo em condições do solo aparentemente ótimas (BAGNARA, 1985; BUNTING, 1973; GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979; IREMIREN & MILBOURN, 1980; SASS & LOEFFEL, 1959).

Os mecanismos envolvidos na manifestação destes efeitos não são bem conhecidos, mas reconhece-se que tolerância às densidades elevadas de plantio está associada com eficiência de absorção de nutrientes, crescimento radicular e eficiência fotossintética (GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979). De acordo com estes autores, o sombreamento foliar afeta mais as raízes que a parte aérea, existindo poucas informações relacionando estes efeitos com a supressão do processo reprodutivo.

Sobre os efeitos verificados em características reprodutivas, pode-se fazer as seguintes considerações à respeito do número de grãos por espiga e do peso individual do grão: a) o número potencial de grãos e o número de grãos efetivamente formados por espigas diminuem com o aumento de densidade (IREMIREN & MILBOURN, 1980); b) a redução do número de grãos por espiga pode, em algumas cultivares de milho, diminuir a barreira imposta pelo pericarpo para o crescimento do mesmo, aumentando o peso individual (KINIRY *et alii*, 1990).

A redução observada por IREMIREN & MILBOURN (1980) para número de grãos potenciais e efetivamente

formados por espiga foi de 550 para 474 e de 389 para 127, conforme a densidade aumentou de 8 para 32 plantas por metro quadrado, respectivamente. Na maior densidade foi observado uma defasagem de 16 dias entre florescimento masculino e feminino, ocorrendo menor polinização, porém, mesmo na menor densidade o número de grãos férteis não correspondeu ao número de grãos potenciais, indicando frequente aborto dos zigotos formados. A porcentagem de plantas sem espigas foi variável de acordo com o híbrido, na maior densidade (32 plantas por metro quadrado) oscilou de 47 à 19 %, indicando que a queda do número de espigas fertilizadas era a responsável pela intolerância de alguns materiais às altas densidades de plantio.

KINIRY et alii (1990) controlaram a polinização de híbridos de milho e variedades de milho pipoca, com o objetivo de verificar qual o efeito da redução do número de grãos por espiga em diferentes genótipos. Para isto, as espigas foram protegidas do segundo ao quarto dia após a emissão do estilo-estigma. Observando que as variedades de pipoca não alteraram o peso de 20 grãos (2,17 - 2,16 g), conforme o número reduziu de 583 para 513 grãos por espiga, ao passo que o híbrido B73 x Mo17 aumentou significativamente o peso de 20 grãos (5,31 - 6,27 g), conforme o número reduziu de 699 para 514. Estas diferenças foram atribuídas às variações da textura do pericarpo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Com o objetivo de avaliar os efeitos do gene Lg_3 em características agronômicas, foram obtidas vinte e sete populações segregando 1:1 para o gene em questão.

Para a obtenção destas populações foram realizados cruzamentos entre os seguintes materiais:

a) Composto Arquitetura: população de milho obtida pelo Departamento de Genética (ESALQ/USP), caracteriza-se por apresentar os genes br_2 e Lg_3 em homozigose. De acordo com ZINSLY¹, apresenta, também, o gene lg_2 em frequência inferior à 0,5 %.

b) Vinte e sete híbridos comerciais, originários das seguintes companhias e instituições:

b.1) Sementes Agrocere S.A.:

AG 104	AG 106	AG 301
AG 302	AG 303	AG F 352

1. ZINSLY, J. R. (Dep.^{to} de Genética - ESALQ/USP). Comunicação Pessoal, 1990.

AG 401 AG 404 AG 405

AG M 405

b.2) Sementes Cargill Ltda.:

C 111 C 135 C 511

b.3) Sementes Contibrasil Ltda. (ICI):

Cont. 322

b.4) Dina Milho - Produtos Agrícolas Ltda.:

Dina 10

b.5) Dekalb Agropecuária Brasileira Ltda.:

DK 8852 XL 540 XL 560

XL 599 XL 605 XL 678

b.6) Sociedade Agrícola Germinal Ltda.:

G 8218

b.7) Sementes Reis de Ouro Ltda.:

GO 1027

b.8) Pioneer Sementes Ltda.:

P 3210 P 3238

b.9) Secretaria da Agricultura do Estado de
São Paulo:

HS 1228 HS 7777

Apesar das características peculiares de cada híbrido, apresentam folhas com lígula, e certamente, os genes Lg_2 e lg_3 em homozigose.

As populações segregantes representaram a geração RC_1 , obtida da seguinte forma:

Ano 1 (1988/89): Neste ano agrícola foram

realizados os cruzamentos entre os híbridos e a população com folhas sem lígula. Como a ausência de lígula poderia ser governada por dois genes na população que agiam de forma independente, diferentes cruzamentos poderiam ser realizados, sem a possibilidade de identificação fenotípica neste ano.

Não era conhecido a frequência esperada de cada cruzamento, sabia-se apenas que todas as plantas com folhas sem lígula originárias destes cruzamentos representavam manifestações fenotípicas do gene Lg_3 , uma vez que os parentais não recorrentes (híbridos comerciais) contribuíram com o alelo dominante do gene Lg_2 .

Ano 2 (1989/90): Neste ano foram realizados cruzamentos entre as plantas com folhas sem lígula da geração F_1 com os vinte e sete híbridos originais, obtendo-se populações RC_1 , as quais foram utilizadas nos ensaios de avaliação deste trabalho.

3.2 Metodologia

O estudo dos efeitos do gene Lg_3 foi realizado de acordo com a análise de dois experimentos instalados na Estação Experimental de Anhumas (Piracicaba, SP), durante a ano agrícola de 1990/91.

3.2.1 Experimento 1

Neste experimento foram avaliados os efeitos do gene Lg_9 nas características: peso de grãos, peso de 100 grãos e prolificidade em populações segregantes, submetidas à duas densidades de plantio (50.000 e 100.000 plantas por hectare).

Para isto foi retirada uma amostra das progênes RC_1 , a fim de constituir 2.400 sementes de cada população, quantidade necessária para instalar o experimento. Assim, oito populações apresentaram número suficiente de sementes e foram utilizadas neste ensaio. A origem destas populações encontra-se descrita no APÊNDICE 1.

3.2.1.1 Delineamento

Para este experimento foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas sub-sub-divididas, constituídas por uma ou duas fileiras de 5 metros lineares para os espaçamentos entre linhas de 1,0 e 0,5 metros, respectivamente. A parcela útil foi sempre uma fileira, ou seja, 25 plantas. Para o caso do espaçamento de 0,5 metros, a parcela útil era sempre a primeira fileira do tratamento.

Os fatores foram arrançados de acordo com o nível de precisão desejado para os mesmos, obedecendo a

seguinte ordem: a) espaçamento entre linhas (0,5 e 1,0 m); b) populações segregantes; c) presença de lígula. Todos os efeitos foram considerados fixos, com exceção de repetição.

O modelo matemático seguido foi:

$$Y_{ijkl} = m + r_i + s_j + p_k + l_l + (sp)_{jk} + (sl)_{jl} + (pl)_{kl} + (spl)_{jkl} + e_{ij} + e_{ijk} + e_{ijkl}$$

onde:

Y_{ijkl} = valor fenotípico observado;

m = efeito da média;

r_i = efeito de repetição;

s_j = efeito de espaçamento;

p_k = efeito de população;

l_l = efeito da presença de lígula;

$(sp)_{jk}$ = efeito da interação entre espaçamento e população;

$(sl)_{jl}$ = efeito da interação entre espaçamento e presença de lígula;

$(pl)_{kl}$ = efeito da interação entre população e presença de lígula;

$(spl)_{jkl}$ = efeito da interação entre espaçamento, população e presença de lígula;

e_{ij} = erro ao nível de parcelas;

e_{ijk} = erro ao nível de sub-parcelas;

e_{ijkl} = erro ao nível de sub-sub-parcelas.

3.2.1.2 Preparo do material

As 2.400 sementes obtidas nas oito populações foram distribuídas em saquinhos de papel contendo 100 sementes cada um. Sendo oito saquinhos dirigidos ao espaçamento de 1,0 m e 16 para o espaçamento de 0,5 m.

3.2.1.3 Preparo do solo

Em setembro de 1990, iniciou-se o preparo de uma área de 2.000 m², de acordo com a técnica convencional. Neste período realizou-se a aplicação de calcário e gesso, de acordo com a análise do solo.

Em outubro de 1990, a área foi arada, gradeada e riscada, seguindo-se o espaçamento entre linhas de 0,5 m. Durante a atividade de adubação de plantio foram intercaladas as parcelas com espaçamento entre linhas de 1,0 e 0,5 m (Figura 1), recebendo cada parcela o equivalente à 600 e 1.200 quilos por hectare, respectivamente, da mistura entre os adubos BR 12 e 4-14-8 na proporção 4:100. Esta atividade foi realizada manualmente, através da demarcação de faixas de 3 metros lineares e distribuição homogênea no sulco dos adubos previamente pesados. As áreas de bordadura receberam a adubação correspondente à recebida pela parcela mais próxima.

3.2.1.4 Plantio

O plantio foi realizado manualmente em 22/10/90, colocando-se quatro sementes por cova, com o objetivo de deixar apenas uma planta após o desbaste. O espaçamento entre covas na linha foi de 20 cm.

3.2.1.5 Tratos culturais

Os tratos culturais foram os normalmente utilizados para a cultura, isto é, cultivos mecânicos até 40 dias após o plantio e adubação em cobertura com sulfato de amônia aos 30 e 45 dias após o plantio, com base em 300 e 600 Kg/ha nos espaçamentos de 1,0 m e 0,5 m entre linhas, respectivamente.

3.2.1.6 Desbaste

Esta atividade foi realizada 45 dias após o plantio, quando já era possível reconhecer a característica de presença ou ausência de lígula nas folhas das plantas. Nesta fase, cada sub-parcela, constituída por duas e por quatro linhas de 5 m², nos espaçamentos de 1,0 e 0,5 m entre linhas, respectivamente, sofreram nova sub-divisão, sendo definidas as sub-sub-parcelas caracterizadas por plantas com folhas com ou sem lígula (Figura 1). O desbaste também foi

realizado nas áreas de bordadura, acompanhando-se a característica da sub-sub-parcela mais próxima.

Figura 1: Distribuição no campo dos fatores: espaçamento, populações e presença de lígula no Experimento 1.

onde:

B = área de bordadura;

R_1 = repetição 1;

P = populações RC_1 (distribuição casualizada);

L = ausência de lígula;

l = presença de lígula.

Procurou-se deixar uma planta por cova, quando isto não era possível devido a presença de plantas de um único tipo ou germinação deficiente, deixava-se duas plantas na cova ao lado para compensar a falha. Coexistindo, portanto, nas sub-sub-parcelas plantas com competição completa, com meia competição e sem competição.

3.2.1.7 Coleta de dados

Na colheita, as sub-sub-parcelas foram divididas em três grupos:

- a) plantas com competição completa (referiam-se as plantas que apresentavam competição na linha dos dois lados);
- b) plantas com meia competição (referiam-se às plantas sem competição em um lado);
- c) plantas restantes (referiam-se às covas sem competição ou com duas plantas).

Obteve-se valores médios para peso de grãos (gramas por planta), peso de 100 grãos (gramas) e prolificidade (número de espigas por planta) para cada um dos grupos.

3.2.1.8 Análise dos dados

Para a análise dos dados referentes a peso de grãos e peso de 100 grãos foi realizada a correção para a

umidade de 15,5 % de acordo com a seguinte fórmula:

$$P_{(15,5)} = \frac{P_{obs} \times (1 - U_{obs})}{0,845}$$

onde: $P_{(15,5)}$ = peso corrigido para a umidade de 15,5 %;

P_{obs} = peso observado;

U_{obs} = umidade observada.

A análise de variância foi realizada de acordo com o modelo exposto no Quadro 1.

Quadro 1: Modelo da Análise de Variância Utilizado no Experimento 1 (blocos ao acaso com parcelas sub-sub-divididas).

F V	G L	F
Repetição (r)	(r-1)	$QM_r / QM_{e(a)}$
Espaçamento (s)	(s-1)	$QM_s / QM_{e(a)}$
Erro (a)	(r-1)(s-1)	
População (p)	(p-1)	$QM_p / QM_{e(b)}$
Esp. x Pop.	(s-1)(p-1)	$QM_{(s \times p)} / QM_{e(b)}$
Erro (b)	s(r-1)(p-1)	
Língua (l)	(l-1)	$QM_l / QM_{e(c)}$
Esp. x Líg.	(s-1)(l-1)	$QM_{(s \times l)} / QM_{e(c)}$
Pop. x Líg.	(p-1)(l-1)	$QM_{(p \times l)} / QM_{e(c)}$
Esp. x Pop. x Líg.	(s-1)(p-1)(l-1)	$QM_{(s \times p \times l)} / QM_{e(c)}$
Erro (c)	sp(r-1)(l-1)	
Total	rspl-1	

3.2.2 Experimento 2

Neste caso, foram avaliados os efeitos da presença ou ausência de lígula nas características: altura da planta, altura da espiga, diâmetro do colmo, número de folhas acima da inserção da espiga superior, comprimento de espiga, número de fileiras, peso de grãos e peso de 100 grãos.

3.2.2.1 Delineamento

Para este experimento foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, em parcelas de 12 m². Os tratamentos avaliados foram presença e ausência de lígula.

O modelo matemático seguido foi:

$$Y_{ij} = m + r_i + t_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = valor fenotípico observado;

m = efeito da média;

r_i = efeito de repetição;

e_{ij} = erro ao nível de parcelas.

3.2.2.2 Preparo do material

Foi retirada uma amostra equitativa de sementes de cada uma das 27 populações segregantes, a fim de

obter uma amostra representativa de sementes das populações RC₁.

Como nesta amostra havia segregação 1:1 para o gene Lg₉, a semeadura foi feita em vasos para posterior transplante.

3.2.2.3 Preparo das mudas

O substrato utilizado foi constituído por terra e matéria orgânica na proporção 3:1. Para cada tonelada da mistura foi acrescentado 10 Kg do adubo 4-14-8 e 60 gramas do micronutriente BR 12. O substrato foi distribuído em sacos plásticos perfurados com capacidade aproximada de dois quilos.

Em dezembro de 1990 foi realizado a semeadura colocando-se quatro sementes por recipiente a uma profundidade de 1,5 cm. Vinte e dois dias após esta atividade foi realizada uma adubação em cobertura com sulfato de amônia (5 gramas por recipiente).

Quinze dias após a adubação de cobertura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente e mantendo-se o mesmo número de plantas com e sem lígula. Estas plantas foram distribuídas em duas áreas de acordo com a presença ou ausência de lígula, e utilizadas para o transplante, realizado conforme a descrição feita no item 3.2.2.5.

3.2.2.4 Preparo do solo

Em janeiro de 1991, iniciou-se o preparo da área, de acordo com a técnica convencional. Em fevereiro, a área foi gradeada e riscada, seguindo-se o espaçamento entre linhas de 1,0 metro. A riscação foi manual, para que os sulcos apresentassem profundidade de 25 cm, altura aproximada dos torrões das mudas a serem transplantadas.

A adubação de plantio também foi manual, sendo aplicado o correspondente a 600 quilos por hectare da mistura BR 12 e 4-14-8, na proporção de 4:100.

3.2.2.5 Transplante

As mudas, agrupadas de acordo com a presença de lígula, foram separadas em amostras de sessenta mudas para cada parcela (4 linhas de 3 metros).

Durante o transplante foram retirados os sacos plásticos, com o cuidado para não desfazer o torrão, para manter a uniformidade das parcelas.

3.2.2.6 Tratos culturais

Após o transplante, foi realizado um cultivo mecânico para amenizar o efeito da compactação da área, realizada pelo intenso caminhamento durante a atividade de

transplante.

Em seguida, foram realizadas duas adubações em cobertura com sulfato de amônia e cloreto de potássio, misturados na proporção de 2:1 e distribuídos na quantidade equivalente à 300 quilos por hectare. Neste ensaio, utilizou-se potássio em cobertura devido à observação de estiolamento das plantas.

3.2.2.7 Coleta de dados

Por ocasião da colheita, foram realizadas as leituras em 10 plantas competitivas, escolhidas ao acaso nas linhas centrais das parcelas e identificadas com etiquetas para orientar o levantamento de dados.

Inicialmente, foram coletados os dados referentes a altura da planta, altura da espiga, diâmetro do colmo e número de folhas acima da inserção da folha superior. Estas leituras foram realizadas utilizando-se os seguintes critérios: a) altura da planta, medida em metros, do solo à inserção da folha bandeira; b) altura da espiga, medida em metros, do solo à inserção da espiga superior; c) diâmetro do colmo, medido em centímetros, no internódio imediatamente acima da inserção da espiga superior, sempre no lado menos espesso.

Após a colheita foram obtidos os dados correspondentes ao comprimento médio das espigas

(centímetros), número médio de fileiras por espiga, peso de grãos (gramas por planta) e peso de 100 grãos (gramas).

3.2.2.8 Análise dos dados

Para as características referentes a peso de grãos e peso de 100 grãos, foi realizada correção para umidade de 15,5 %, de acordo com a fórmula anteriormente descrita no item 3.3.1.8.

As análises de variância foram realizadas de acordo com o modelo exposto no Quadro 2.

Quadro 2: Modelo de Análise de Variância Utilizado no Experimento 2 (blocos ao acaso).

F V	G L	F
Repetição (r)	(r-1)	QM_r / QM_e
Tratamento (t)	(t-1)	QM_t / QM_e
Erro	(r-1)(t-1)	
Total	rt-1	

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

Os fatores estudados neste experimento foram avaliados com grau de precisão diferenciado, característica do delineamento de blocos ao acaso com parcelas sub-sub-divididas (COCHRAN & COX, 1957; FEDERER, 1955; STEEL & TORRIE, 1960). Portanto, a divisão feita em espaçamento, populações e presença ou ausência de lígula permitiu avaliar com maior precisão o efeito deste último fator, devido à melhor estimativa do erro (c).

A seguir serão apresentados os resultados e discussão para cada uma das características analisadas neste ensaio.

4.1.1 Peso de grãos

A análise de variância para esta característica foi realizada com base em média por parcela (Tabela 1), e com base na competição entre as plantas nas parcelas (Tabelas 2 e 3).

Tab. 1: Análise de Variância para Produção de Grãos, à Nível de Média por Parcela (gramas/planta). Piracicaba, 1990.

F.V.	G.L.	Q.M.
Repetição	03	3.001,8
Espaçamento	01	16.256,5*
Erro (a)	03	701,6
População	07	1.622,9**
Esp. x Pop.	07	440,9*
Erro (b)	42	187,0
Lígula	01	24.420,8**
Esp. x Líg.	01	164,3
Pop. x Líg.	07	275,3*
Esp. x Pop. x Líg.	07	115,3
Erro (c)	48	247,4

Total 127

C.V. (21,9 %)

$\bar{x}$ = 71,82 g

Coeficientes de variação ambiental elevados têm sido uma constante nos experimentos conduzidos na Estação Experimental de Anhumas, conforme demonstrado por PACKER *et alii* (1990). Um dos fatores responsáveis por isto pode ser relacionado com a heterogeneidade química do solo,

classificado como "Areias Quartzosas", originário do "Arenito de Botucatu", com elevado nível de acidez e baixa fertilidade. No caso deste experimento, outros fatores contribuíram para elevados coeficientes de variação, entre os quais pode-se citar o intenso caminhamento durante o desenvolvimento das plantas.

Tab. 2: Análise de Variância para Produção de Grãos (gramas/planta) à Nível de Média das Plantas com Competição Completa. Piracicaba, 1990.

F. V.	G. L.	Q. M.
Repetição	03	1.982,1
Espaçamento	01	9.519,4**
Erro (a)	03	200,4
População	07	1.538,8**
Esp. x Pop.	07	674,8
Erro (b)	42	458,3
Lígula	01	17.763,5**
Esp. x Líg.	01	1.735,9
Pop. x Líg.	07	340,0
Esp. x Pop. x Líg.	07	250,9
Erro (c)	48	572,3
Total	127	
C. V. (32,2 %)	$\bar{x} = 74,30 \text{ g}$	

Tab. 3: Análise de Variância para Peso de Grãos por Planta (gramas/planta). Valores Referentes às Plantas com Meia Competição. Piracicaba, 1990.

F.V.	G.L.	Q.M.
Repetição	03	2.653,3
Espaçamento	01	7.080,8*
Erro (a)	03	599,9
População	07	2.846,3**
Esp. x Pop.	07	355,1
Erro (b)	42	561,5
Língua	01	9.177,8**
Esp. x Líg.	01	2.144,8
Pop. x Líg.	07	359,3
Esp. x Pop. x Líg.	07	404,6
Erro (c)	48	665,5

Total 127

C.V. (31,9 %)

$\bar{x} = 80,83 \text{ g}$

Não foi realizada correção para estande, embora esta pudesse ser feita através de covariância ou pela fórmula de ZUBER (1942), optou-se pela divisão das parcelas em grupos, nos quais as plantas estavam submetidas às mesmas condições ambientais.

No entanto, conforme pode ser observado nas Tabelas 1, 2 e 3, o coeficiente de variação foi menor na análise à nível de médias por parcelas, permitindo detectar interações, não observadas através da divisão em grupos, onde as estimativas do erro experimental foram mais altas, possivelmente devido ao número reduzido de plantas amostradas. Por esta razão, as discussões realizadas a seguir serão baseadas na Tabela 1.

O aumento da densidade de plantio, de 50.000 para 100.000 plantas por hectare, reduziu a produção de grãos por planta de 83,09 para 60,56 gramas (Tabela 4), ou seja, em 27,12 %, diferença detectada ao nível de 5 % de probabilidade. Este resultado era esperado, em função da maior competição por nutrientes, água e luz em densidades elevadas, conforme indicaram os trabalhos realizados por diversos autores (BAGNARA, 1985; BUNTING, 1973; GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979; IREMIREN & MILBOURN, 1980; SASS & LOEFFEL, 1959). Entretanto, a produtividade média por hectare aumentou de 4.155 Kg para 6.056 Kg, representando elevação de 45,75 % apenas com a alteração de alguns recursos aplicados, como fertilizantes e sementes, não sendo definidas neste estudo a viabilidade econômica destes resultados.

As populações segregantes utilizadas neste experimento apresentaram resposta diferenciada ao aumento da densidade de plantio, interação detectada ao nível de 5 % de

probabilidade, confirmando os resultados obtidos por inúmeros trabalhos desenvolvidos nesta área, conforme relatado por GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU (1979). As médias obtidas para as populações segregantes nos dois espaçamentos utilizados são apresentadas na Tabela 4, ordenadas de forma decrescente para o espaçamento entre linhas de 0,5 m. A população 1, em especial, não apresentou redução no potencial produtivo com o aumento da densidade, de forma que sua produtividade dobra na densidade de 100.000 plantas por hectare, enquanto que as outras populações apresentaram reduções que variaram de 22,9 à 36,2 %.

Não foi detectado interação entre densidade de plantio, população e presença de lígula, embora tenha sido observado superioridade dos genótipos com lígula em 53 e 43,9 % nos espaçamentos de 0,5 m e 1,0 m entre linhas, respectivamente, contrariando alguns resultados obtidos na literatura, que conferem maior performance de genótipos sem lígula em densidades elevadas de plantio (GRECU *et alii*, 1985; LAMBERT & JONHSON, 1978; POZAR, 1981; SARCA *et alii*, 1984). Entretanto, com o aumento da densidade tornam-se mais acentuados os efeitos causadores do estresse (BAGNAR, 1985; BUNTING, 1973; GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979; IREMIREN & MILBOURN, 1980; SASS & LOEFFEL, 1959), e, conforme as condições ambientais observadas no decorrer deste experimento era esperado a superioridade dos genótipos com lígula na maior densidade de plantio.

Tab. 4: Média para Produção de Grãos (gramas/planta) para as Populações Segregantes, quando Submetidas à Dois Espaçamentos entre Linhas.

População	Espaçamento entre Linhas	
	0,5 m	1,0 m
	gramas/planta	
2	76,04	102,22
1	67,82	67,09
4	66,86	94,70
7	62,43	87,84
5	57,78	87,91
3	54,42	85,32
6	52,54	68,18
8	46,56	71,49
Média	60,56	83,09

O efeito da presença de lígula foi significativo ao nível de 1 % de probabilidade, sendo notado superioridade dos genótipos com lígula na ordem de 50 % (Tabela 5). A redução da performance produtiva observada nos genótipos sem lígula foi relacionada com o déficit hídrico observado em períodos críticos de desenvolvimento da cultura Capenas 4,7 mm durante a semana em que ocorreu o

florescimento), confirmando a maior susceptibilidade de genótipos de milho com folhas sem lígula às condições de estresse ambiental (FRÖLICH, 1977; FRÖLICH *et alii*, 1977a; FRÖLICH *et alii*, 1977b; PIOVACI, 1984). Em estudos realizados por MÔRO *et alii* (1990) foi verificado que as versões contendo o gene Lg_9 apresentavam na região de formação da lígula menos tecido vascular e de sustentação em relação às versões normais, resultado que pode justificar a redução da performance produtiva dos genótipos com folhas sem lígula nas densidades de 50.000 e, de forma mais acentuada, na densidade de 100.000 plantas por hectare, onde a competição por água era mais intensa.

A interação entre genótipos e presença de lígula foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade, indicando que as populações apresentaram diferentes comportamentos em função da presença do gene (Tabela 5), confirmando a existência de correlações com o "background genético" no qual o gene é incorporado (DJISBAR & BREWBAKER, 1987; GENTINETTA *et alii*, 1990; LIU & CHEN, 1985; PALLI *et alii*, 1990; ROCHEFORD *et alii*, 1989). Na Tabela 5, os dados foram ordenados de forma decrescente para presença de lígula, que, em função da interação observada, não mantiveram a mesma ordem na coluna para ausência de lígula. A coluna correspondente à relação obtida entre os dados coletados de plantas com lígula sobre sem lígula confirma esta resposta.

Embora as plantas com folhas sem lígula tenham

sido em média menos produtivas, foram observados indivíduos promissores, com valores de até 134,96 gramas por planta, conforme apresentado na coluna referente à amplitude da Tabela 5. Isto evidencia o sucesso de um programa de seleção voltado para a obtenção de materiais "ligulelless" promissores.

Tab. 5: Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados.

Trat.	Peso de grãos/planta (g)		com/sem
	com lígula	sem lígula	
	Média (amplitude)	Média (amplitude)	
2	103,155 (74,08-135,02)	75,111 (46,23-134,96)	1,373
7	91,823 (52,06-129,16)	58,449 (39,34-77,22)	1,571
4	91,408 (70,72-110,87)	70,147 (51,23-102,35)	1,303
3	84,031 (52,18-124,16)	55,701 (25,01-99,46)	1,509
5	83,235 (48,28-113,69)	62,454 (31,78-92,94)	1,333
6	82,352 (54,67-129,43)	38,365 (24,13-51,83)	2,147
1	81,070 (53,76-106,15)	53,837 (21,34-103,17)	1,506
8	68,020 (40,44-92,20)	50,028 (21,53-73,47)	1,360
Média	85,637 (40,44-135,02)	58,012 (21,53-134,96)	1,513

Foram observados diferentes níveis de superioridade dos genótipos com folhas com lígula nos espaçamentos de 0,5 e 1,0 m entre plantas, existindo a tendência de diminuição da diferença entre as versões no espaçamento de 1,0 m, exceto para as populações 1 e 6, indicando existência de variabilidade para tecido vascular na região de formação da lígula ou de outros fatores associados à ausência de lígula e menor tolerância às condições de estresse ambiental (Tabelas 6 e 7).

Tab. 6: Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados (espaçamento entre linhas de 0,5 m).

Trat.	Peso de grãos/planta (g)		com/sem
	com lígula	sem lígula	
	Média (amplitude)	Média (amplitude)	
1	76,977 (65,25-95,46)	58,655 (51,39-68,00)	1,312
2	89,627 (74,08-103,32)	62,458 (46,23-79,62)	1,435
3	69,738 (52,18-108,68)	39,095 (25,01-67,15)	1,784
4	81,003 (70,72-92,21)	52,712 (51,23-53,92)	1,537
5	67,160 (48,28-100,59)	48,403 (31,78-63,25)	1,388
6	70,012 (54,67-80,24)	35,065 (24,13-41,33)	1,997
7	77,320 (52,06-112,85)	47,538 (39,34-59,29)	1,626
8	54,035 (40,44-74,03)	39,075 (21,53-46,36)	1,383
Média	73,234 (40,44-112,85)	47,875 (21,53-79,62)	1,558

Tab. 7: Média e Amplitude da Produção de Grãos por Planta para os Genótipos Utilizados (espaçamento entre linhas de 1,0 m).

Trat.	Peso de grãos/planta (g)		com/sem
	com lígula	sem lígula	
	Média (amplitude)	Média (amplitude)	
1	85,162 (53,76-106,15)	49,020 (21,34-103,17)	1,737
2	116,683 (94,71-135,02)	87,765 (46,39-134,96)	1,329
3	98,325 (69,45-124,16)	72,307 (59,72-99,46)	1,360
4	101,813 (96,91-110,87)	87,582 (68,18-102,35)	1,162
5	99,310 (86,40-113,69)	76,505 (53,41-92,94)	1,298
6	94,692 (81,15-129,43)	41,665 (28,97-51,83)	2,273
7	106,325 (85,83-129,16)	69,360 (56,69-77,22)	1,533
8	82,005 (74,88-92,20)	60,980 (52,14-73,47)	1,345
Média	98,039 (53,76-135,02)	68,148 (21,34-134,96)	1,505

4.1.2 Peso de 100 grãos

As análises de variância para esta característica, realizadas ao nível de média por parcela e com base na competição entre plantas são apresentadas nas Tabelas 8, 9 e 10.

Tab. 8: Análise de Variância para Peso de 100 Grãos, ao Nível de Média por Parcela (gramas). Piracicaba, 1990.

F.V.	G.L.	Q.M.
Repetição	03	14,47
Espaçamento	01	179,24*
Erro (a)	03	7,12
População	07	44,74
Esp. x Pop.	07	13,18
Erro (b)	42	20,91
Lígula	01	69,19
Esp. x Líg.	01	31,91
Pop. x Líg.	07	32,73
Esp. x Pop. x Líg.	07	8,19
Erro (c)	48	17,53

Total 127

C.V. (16,83 %)

$\bar{x}$ = 24,88 gramas

Com o aumento da densidade de plantio de 50.000 para 100.000 plantas por hectare observou-se maior peso de grãos, este efeito foi detectado ao nível de 5 % e de 1 % de probabilidade, nas análises realizadas ao nível de média por parcela e de média das plantas com meia competição por parcela, respectivamente.

Tab. 9: Análise de Variância para Peso de 100 Grãos, ao Nível de Média das Plantas com Competição Completa (gramas). Piracicaba, 1990.

F. V.	G. L.	Q. M.
Repetição	03	2,552
Espaçamento	01	1,551
Erro (a)	03	8,150
População	07	76,217**
Esp. x Pop.	07	13,143
Erro (b)	42	19,071
Lígula	01	0,499
Esp. x Líg.	01	2,181
Pop. x Líg.	07	18,678*
Esp. x Pop. x Líg.	07	8,163
Erro (c)	48	8,431

Total 127

C. V. (11,33 %)

$\bar{x}$ = 25,62 gramas.

Ao nível de média das plantas com competição completa foi observado uma pequena diferença não detectada à nível estatístico. O aumento observado na média foi da seguinte ordem: 25,9 g para 26,2 g (médias por parcela); 25,5 g para 25,7 g (competição completa) e de 24,3 g para 27,3 g

(meia competição).

Tab. 10: Análise de Variância para Peso de 100 grãos ao Nível de Média das Plantas com Meia Competição (gramas). Piracicaba, 1990.

F. V.	G. L.	Q. M.
Repetição	03	29,930
Espaçamento	01	290,014**
Erro (a)	03	3,490
População	07	86,396**
Esp. x Pop.	07	20,149
Erro (b)	42	28,066
Lígula	01	62,231
Esp. x Líg.	01	107,990*
Pop. x Líg.	07	25,049
Esp. x Pop. x Líg.	07	18,962
Erro (c)	48	19,785

Total 127

C. V. (17,26 %)

$\bar{x}$ = 25,77 gramas.

Esta diferença pode estar relacionada com um menor número de grãos efetivamente formados nas espigas devido ao efeito do aumento da densidade de plantio (IREMIREN

& MILBOURN, 1980), diminuindo a barreira imposta pelo pericarpo e aumentando o peso individual do grão (KINIRY *et alii*, 1990).

O efeito de população na característica não foi detectado na análise ao nível de média por parcela, entretanto pode ser observado ao nível de 1 % de probabilidade nas análises seguintes.

A interação entre densidade de plantio e presença de lígula foi detectada na análise realizada com base em plantas com meia competição. No espaçamento de 0,5 metro entre linhas o peso de 100 grãos dos genótipos sem lígula foi 1,6 % superior, enquanto que, no espaçamento de 1,0 m, o peso de 100 grãos foi 14,3 % superior nos genótipos com lígula, indicando o efeito no processo reprodutivo existente em diferentes níveis nos genótipos utilizados (GERAKIS & PAPAKOSTA-TASOPOULOU, 1979).

A interação entre populações e presença de lígula foi detectada na análise de variância com base em plantas com competição completa, confirmando a correlação existente entre o efeito de um gene principal com o "background genético" no qual é incorporado (DJISBAR & BREWBAKER, 1987).

As análises estudadas individualmente conduzem à resultados distintos, de acordo com a estimativa do erro realizada em cada uma. Indicando que os resultados experimentais são relativos à metodologia de análise dos

mesmos, podendo-se obter diferentes conclusões.

4.1.3 Prolificidade

As análises de variância para prolificidade são mostradas nas Tabelas 11, 12 e 13.

Tab. 11: Análise de Variância para Prolificidade, com Base em Média por Parcela. Piracicaba, 1990.

F. V.	G. L.	Q. M.
Repetição	03	0,088
Espaçamento	01	0,848*
Erro (a)	03	0,076
População	07	0,063**
Esp. x Pop.	07	0,058**
Erro (b)	42	0,014
Lígula	01	1,316**
Esp. x Líg.	01	0,001
Pop. x Líg.	07	0,040
Esp. x pop. x Líg.	07	0,017
Erro (c)	48	0,019
Total	127	

C. V. (13,81 %) $\bar{x} = 1,00$ espiga por planta.
 $\bar{x} = 1,00$ espiga por planta.

Tab. 12: Análise de Variância para Prolificidade, com Base em Plantas com Competição Completa. Piracicaba, 1990.

F.V.	G.L.	Q.M.
Repetição	03	0,026
Espaçamento	01	0,412*
Erro (a)	03	0,024
População	07	0,045
Esp. x Pop.	07	0,052
Erro (b)	42	0,023
Lígula	01	0,186**
Esp. x Líg.	01	0,114*
Pop. x Líg.	07	0,020
Esp. x Pop. x Líg.	07	0,010
Erro (c)	48	0,023
Total	127	

C.V. (13,78 %)

$\bar{x}$ = 1,10 espiga por planta.

O número médio de espigas por planta é variável de acordo com o nível de competição entre as plantas (IREMIREN & MILBOURN, 1980). Isto foi observado nas três análises de variância realizadas. A menor competição entre as plantas implica em menor taxa de esterilidade feminina, ou seja, em menor frequência de plantas sem espigas viáveis,

conforme observado na Tabela 14. Esta tendência, também pôde ser observada através da divisão realizada em grupos, conforme médias ($\bar{x}$) apresentadas nas Tabelas 11, 12 e 13. Notou-se um acréscimo do número de espigas por planta conforme o cálculo realizado com base em médias por parcela, plantas com competição completa e com meia competição, sendo

Tab. 13: Análise de Variância para Prolificidade, com Base em Plantas com Meia Competição. Piracicaba, 1990.

F. V.	G. L.	Q. M.
Repetição	03	0,049
Espaçamento	01	0,498**
Erro (a)	03	0,011
População	07	0,092**
Esp. x Pop.	07	0,030
Erro (b)	42	0,025
Lígula	01	0,045
Esp. x Líg.	01	0,005
Pop. x Líg.	07	0,033
Esp. x Pop. x Líg.	07	0,033
Erro (c)	48	0,021

Total 127

C. V. (12,70 %)

$\bar{x}$ = 1,14 espiga por planta.

observado os seguintes valores: 1,00; 1,10 e 1,14. As médias por parcelas representaram também covas com duas plantas, que contribuíram para o menor valor observado.

Tab. 14: Prolificidade Média Observada nas Populações Quando Submetidas às Densidades de 50.000 e 100.000 Plantas por Hectare. Piracicaba, 1990.

População	Densidade de Plantio (pl/ha)	
	50.000	100.000
1	0,985	1,091
2	1,012	0,904
3	1,007	0,841
4	1,240	1,020
5	1,122	0,836
6	1,086	0,892
7	1,068	0,860
8	1,121	0,895
Média	1,080	0,917

Foram observadas variações no número de espiga por planta de acordo com a população, resultado esperado em função da diversidade de origem das populações segregantes.

Em média, os genótipos sem lígula apresentaram

menor prolificidade, diferença variável de acordo com a densidade de plantio, conforme constatado na análise de plantas com competição completa (Tabela 15).

Tab. 15: Prolificidade (número de espigas por planta) das Populações com e sem Lígula com Base em Plantas com Competição Completa, nas Densidades de PLantio Utilizadas.

Populações	Espaçamento entre Linhas			
	0,5 m		1,0 m	
	lg_3	Lg_3	lg_3	Lg_3
1	1,105	1,088	1,172	1,000
2	1,000	1,050	1,058	1,047
3	1,042	1,000	1,170	1,047
4	1,160	1,018	1,210	1,127
5	1,042	1,000	1,175	1,057
6	1,063	1,000	1,542	1,243
7	1,000	1,000	1,287	1,063
8	1,000	1,125	1,183	1,125
Média	1,052	1,035	1,225	1,089

As diferenças observadas entre as análises de variância realizadas de acordo com o nível de competição existente entre as plantas das parcelas, foram menores para a característica prolificidade, podendo estar relacionado com a amostragem obtida em cada parcela.

4.2 Experimento 2

Durante o período de condução deste experimento não foi observado déficit hídrico nos períodos críticos de desenvolvimento da cultura, principal razão, com base nos resultados obtidos por FRÖLICH (1977), FRÖLICH *et alii* (1977a), FRÖLICH *et alii* (1977b) e por PIOVACI (1984), pela qual não foram detectadas diferenças significativas entre os genótipos com folhas com e sem lígula para as características apresentadas a seguir.

4.2.1 Altura da planta e da espiga

As análises de variância para estas características são apresentadas nas Tabelas 16 e 17.

A média observada para altura da planta foi 2,0 metros, sendo 1,87 m e 2,13 m os valores obtidos para as plantas sem e com lígula, respectivamente. Para altura da espiga, a média no experimento foi de 1,05 metros, sendo 1,1 m e 1,0 m as médias para as plantas sem e com lígula.

Tab. 16: Análise de Variância da Variável Altura da Planta.

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	5	$6,57 \times 10^{-3}$
Tratamentos	1	0,21
Erro	5	$5,73 \times 10^{-3}$

C.V. (%): 3,79

Tab. 17: Análise de Variância da Variável Altura da Espiga.

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	5	0,01
Tratamentos	1	$2,80 \times 10^{-2}$
Erro	5	$6,31 \times 10^{-3}$

C.V. (%): 7,57

Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas para estas características, verificou-se uma tendência de diminuição da altura média da planta após a introdução do gene Lg_9 . Entretanto, observou-se que a proporção entre altura de planta e altura de espiga foi de 1,87 e de 1,93 para os genótipos sem e com lígula, indicando que, teoricamente, os genótipos com folhas com lígula teriam

maior resistência ao acamamento, devido a menor altura relativa da inserção da espiga, características positivamente correlacionadas (PEREIRA, 1990).

4.2.2 Diâmetro do colmo

A análise de variância para esta característica é apresentada na Tabela 18.

Tab. 18: Análise de Variância para Diâmetro do Colmo.

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	5	$1,54 \times 10^{-2}$
Tratamentos	1	$6,75 \times 10^{-2}$
Erro	5	$1,55 \times 10^{-2}$

C. V. (%): 10,16

A média observada no experimento para diâmetro de colmo foi de 1,23 cm, sendo 1,30 cm e 1,15 cm os valores obtidos para plantas sem e com lígula, respectivamente. Estes valores próximos indicam a não interferência do gene nesta característica.

4.2.3 Número de folhas acima da espiga superior

Esta característica foi considerada em função da importância atribuída à produção de carboidratos nas folhas do terço superior da planta, que corresponde à 50 % do total armazenado, sendo o restante produzido pelas folhas do terço médio (30 %) e parte basal (20 %) conforme estudos realizados por HOYT & BRADFIELD (1962) e ALLISON & WATSON (1966) e relatos de MAGALHÃES & SILVA (1987).

Neste experimento, foi obtido pequena diferença na média, sendo 5,33 e 5,50 os valores obtidos para plantas com folhas sem e com lígula, indicando que plantas com lígula podem apresentar maior peso de grãos, em função da maior área foliar acima da primeira espiga. A análise de variância é apresentada na Tabela 19.

Tab. 19: Análise de Variância para Número de Folhas acima da Espiga Superior.

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	5	0,28
Tratamentos	1	$8,33 \times 10^{-2}$
Erro	5	0,28

C. V. (%): 9,83

4.2.4 Número de fileiras e comprimento da espiga

As análises de variância para estas características são apresentadas nas Tabelas 20 e 21.

Tab. 20: Análise de Variância para Número de Fileiras.

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	5	$2,74 \times 10^{-2}$
Tratamentos	1	0,27
Erro	5	0,83

C. V. (%): 7,08

Tab. 21: Análise de Variância para Comprimento da Espiga.

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	5	0,64
Tratamentos	1	0,96
Erro	5	0,58

C. V. (%): 5,22

Foram observadas as médias: 12,77 e 13,07 para número de fileiras e 14,28 cm e 14,85 cm para comprimento da

espigas, respectivamente, para as plantas sem e com lígula.

Estas características estão diretamente correlacionadas com produção (PEREIRA, 1990), indicando maior potencial produtivo das plantas com folhas com lígula.

4.2.5 Peso de 100 grãos

A análise de variância desta característica é apresentada na Tabela 22.

Tab. 22: Análise de Variância para Peso de 100 Grãos.

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos	5	6,01
Tratamentos	1	1,98
Erro	5	2,51

C.V. (%): 5,92

A média observada para esta característica foi 27,22 g e 26,41 g para plantas sem e com lígula, respectivamente. De acordo com os pontos discutidos no item 4.1.2 pode se dizer que, nas condições deste experimento, houve também a tendência de maior esterilidade feminina ou aborto dos óvulos formados em plantas sem lígula (KINIRY et alii, 1990).

4.2.6 Peso de grãos

Nas condições ambientais deste experimento não foi detectado diferença significativa entre os tratamentos para esta característica, conforme Tabela 23.

Tab. 23: Análise de Variância para Peso de Grãos (g/pl).

F. V.	G. L.	Q. M.
Blocos	5	429,19
Tratamentos	1	4,73
Erro	5	69,67

C. V. (%): 9,56

Entretanto, as médias obtidas: 87,92 e 86,67 gramas por planta, para genótipos sem e com lígula, respectivamente, indicaram superioridade de 1,4 % dos genótipos sem lígula. Entretanto, o maior peso de grãos obtido em plantas sem lígula (160,3 g) foi menor que o obtido para plantas com lígula (250,7 g), demonstrando que genótipos superiores serão obtidos através o processo de seleção nas populações com lígula, justificando os valores obtidos para as características: número de folhas acima da primeira espiga, número de fileiras e comprimento das espigas.

4.3 Considerações finais

A introdução do gene Lg_9 em linhagens e populações de milho altera substancialmente a arquitetura da planta, conforme indicado na Figura 2 e Apêndice 2. Comparando-se as Figuras 2.a e 2.b, nota-se que, para uma mesma densidade de plantio, a diminuição do ângulo de inserção das folhas no colmo propicia menor sombreamento das folhas inferiores e maior incidência de luz na entrelinha. Isto indica que os genótipos "ligulelless" deveriam ser mais adaptados às densidades elevadas de plantio, independente das condições ambientais nas quais são realizadas as avaliações.

Entretanto, os resultados obtidos nesta dissertação e em estudos apresentados no item 2.1.2 evidenciaram interações de acordo com o "background genético", no qual o alelo é incorporado, e das condições ambientais durante as avaliações, sobretudo relacionadas com estresse hídrico. Estudos realizados por FRÖLICH *et alii* (1977b), MIKU & FRUNZE (1980) e PIOVACI (1984) demonstraram menor tolerância dos genótipos contendo o gene Lg_9 às condições de estresse ambiental.

Esta correlação deve ser avaliada sob dois aspectos: a) ação do gene Lg_9 somente na alteração do ângulo foliar e interação com poligenes responsáveis pela maior tolerância ao estresse; b) efeito pleiotrópico do gene Lg_9 .

O efeito pleiotrópico pode estar relacionado

Figura 2: Aspectos fenotípicos das versões normais e "ligulelless" durante o período de florescimento.

Figura 2.a: Plantas Normais (Lg_3lg_3)

Figura 2.b: Plantas "Ligulelless" ($Lg_3___$)

ao processo de formação dos vasos condutores na região da lígula, conforme indicações dos resultados obtidos por MÔRO *et alii* (1990). Entretanto, a observação neste trabalho de indivíduos com folhas sem lígula e de alto potencial produtivo, com valores de até 134,96 gramas por planta em condições de estresse, não favorece a hipótese de pleiotropia. A frequência destes indivíduos, entretanto, foi baixa, possivelmente devido às ligações gênicas não desejáveis existentes.

Na ausência de estresse ambiental não foi observado superioridade significativa dos genótipos "ligulelless", conforme esperado. Isto pode estar relacionado com a utilização de populações segregantes RC_1 , para as quais os parentais recorrentes eram híbridos comerciais com folhas com lígula, e, portanto, com um conjunto gênico não adaptado à presença do alelo.

Isto indica que outros fatores estão interagindo, além dos relacionados anteriormente, e, que portanto, o trabalho com genes principais não se restringe na incorporação de um alelo desejável, mas sobretudo na adequação do genótipo a sua presença. O exemplo do Lg_9 é bem representativo, pois trata-se de um único alelo, de ação gênica dominante e, portanto, fácil de ser introduzido. Mas, que, no entanto, não é viável sem um trabalho de seleção no material no qual é incorporado.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho de dissertação, podem ser relatadas as seguintes conclusões:

- A produção média de grãos por planta foi semelhante entre as versões na ausência de estresse ambiental, sendo que em condições de estresse ocorreu significativa superioridade, para esta característica, das versões com lígula. Entretanto, existiram indivíduos "ligulelless" promissores em baixa frequência na presença de estresse ambiental. Existindo, portanto, maior possibilidade de sucesso na incorporação do gene Lg_9 quando a seleção visa também tolerância ao estresse;
- A superioridade das versões com folhas com lígula, observada para as características: produção de grãos por plantas, peso de 100 grãos, prolificidade, número de fileiras, comprimento de espiga e número de folhas acima da espiga, pode ter refletido a não adaptação dos genomas à incorporação do gene Lg_9 com um único retrocruzamento;
- A resposta diferenciada das populações utilizadas à incorporação do gene Lg_9 foi atribuída à interação existente

entre o gene e o conjunto gênico, sendo, portanto, importante o conhecimento prévio das reações das populações a serem melhoradas com esta característica;

- A ausência da redução na performance de genótipos isogênicos com o aumento na densidade de plantio esteve relacionada com o maior efeito depressivo do gene Lg_3 nestes;

- A prolificidade foi uma característica variável de acordo com o nível de competição entre as plantas, sendo que quanto maior a competição menor o número de espigas por planta;

- Tendência das versões "ligulelless" apresentarem menor altura de planta, sem alterar a altura de inserção das espigas, resultando em maior altura relativa destas e maior probabilidade de acamamento;

- Ausência de interação entre presença de lígula e diâmetro do colmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, J.C.S. & WATSON, D.J. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Ann. Bot., London, 30: 365-81. 1966.
- BAGNARA, D. Effect of population stress and intra-ear growth relationships on kernel yield in ten corn (*Zea mays* L.) hybrids. Maydica, Bergamo, 30(4): 339-51, 1985.
- BANDEL, G. Genética. In: PATERNIANI, E & VIÉGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção de milho. 2 ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v. 1, p.109-34.
- BECRAFT, P.W.; BONGARD-PIERCE, D.K.; SYLVESTER, A.W.; POETHIG, R.S.; FREELING, M. The liguleless-1 gene acts tissue specifically in maize leaf development. Developmental Biology, 141(1): 220-32, 1990. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 61(6): 666, 1991. (Resumo).
- BUNTING, E.S. Plant Density and yield of grain maize in England. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 81: 455-63, Dec. 1973.
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental designs. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1957. 617 p.

- CONTI, S. & LANDI, P. Effects of defoliation in relation to leaf habit and plant density in maize hybrids. Rivista di Agronomia, 15(3/4): 151-5, 1981. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 51(2): 124, 1981. (Resumo).
- DERIEUX, M.; DARRIGRAND, M.; GALLAIS, A.; BARRIERE, Y.; BLOC, D.; MONTALANT, Y. Estimation du progrès génétique réalisé chez le maïs grain en France entre 1950 et 1985. Agronomie, Paris, 7(1): 1-11, 1987.
- DJISBAR, A. & BREWBAKER, J.L. Effects of the brachytic-2 gene on maize yield and its components. Maydica, Bergamo, 32(2): 107-23, 1987.
- DOLLINGER, E.J. Pleiotropies of recessive alleles and grain yields in maize hybrids. Maize Genetics Cooperation News Letter, Columbia, 60: 133, 1986. (Resumo).
- DWYER, L.M.; TOLLENAAR, M.; STEWART, D.W. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 71(1): 1-11, 1991.
- FEDERER, W.T. Experimental design: theory and application. New York, Macmillan, 1955. 543 p.
- FRÖLICH, W. G Studies on the effect of types with erect leaves on the yield potencial of maize (*Zea mays* L.). Stuttgart, 1977. 86p. (Thesis, Universität Hohenheim). Apud Field Crop Abstracts, Aberystwyth, 30(2): 881, 1977. (Resumo).

FRÖLICH, W.G.; POLLMER, W.G.; KLEIN, D. Performance of isogenic liguleless-2 maize hybrids as influenced by irrigation, row width, plant density and nitrogen fertilizer. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Berlin, 145(3): 207-23, 1977a.

FRÖLICH, W.G.; POLLMER, W.G.; KLEIN, D. Performance of upright-leaved liguleless-2 and liguleless-3 maize hybrids adapted to Central European climatic conditions. Zeitschrift für Pflanzanzucht, Berlin, 79(2):134-44, 1977b.

GENTINETTA, E.; BERTOLINI, M.; ROSSI, I.; LORENZONI, C.; MOTTO, M. Effect of brown midrib-3 mutant on forage and yield in maize. Journal of Genetics & Breeding, Roma, 44(1): 21-6, 1990.

GERAKIS, P.A.; PAPAKOSTA-TASOPOULOU, D. Growth dynamics of *Zea mays* L. populations differing in genotype and density and growth under illumination stress. Ecologia Plantarum, Thessaloniki, 14(1): 13-26, 1979.

GRECU, C. & OCHESANU, C. Some aspects of the utilization of the lg_1 e lg_2 genes in the breeding of maize (*Zea mays* L.). Probleme de Genetica Teoretica si Aplicata, Turda, 13(5): 251-60, 1981. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 53(3): 195, 1983. (Resumo).

GRECU, C.; MAROSAN, V.; OCHESANU, C.; MURESAN, F.; LEGMAN, V.

New experimental data on the implications of the lg genes in maize breeding. Probleme de Genetica Teoretica si Aplicata, Turda , 17(1): 29-40. 1985. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 56(3): 182, 1986. (Resumo).

HOYT, P. & BRADFIELD, R. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production of corn. Agronomy Journal, Madison, 54: 523-5. 1962.

HUNSPERGER, M.H. & DAVIS, D.W. Effects of the sugary-1 locus on plant and ear traits in corn. Crop Science, Madison, 27(6): 1.173-6, 1987.

IREMIREN, G.O.; MILBOURN, G.M. Effects of plant density on ear barrenness in maize. Experimental Agriculture, London, 16(3): 321-6. 1980.

KERMICLE, J. & DEMOPULOS-RODRIGUES, J. Location of indeterminate gametophyte (ig) on chromosome 3. Maize Genetics Cooperation Newsletter, Columbia, 54: 84-5, 1980.

KINIRY, J.R.; WOOD, C.A.; SPANEL, D.A.; BOCKHOLT, A.J. Seed weight response to decrease seed number in maize. Agronomy Journal, Madison, 54: 98-102. 1990.

LAMBERT, R.J. & JOHNSON, R.R. Leaf angle, tassel morphology and the performance of maize hybrids. Crop Science, Madison, 18(3): 499-502, 1978.

- LEE, M.H.; BREWBAKER, J.L. Effects of brown midrib-3 on yields and yield component of maize. Crop Science, Madison, 24 (1): 105-8. 1984.
- LIU, K.S. & CHEN, C. Effects of the waxy on grain bulk density and seedling vigour in maize. Journal of Agricultural Research of China, Wufeng, 34(4): 428-36, 1985. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 57(1): 26. 1987. (Resumo).
- MAGALHÃES, C.M. & SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. & VIÉGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção do milho. 2 ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2, p.423-50.
- MIKU, V.E. & FRUNZE, N.S. Testing liguleless hybrids in Moldavian. In: Selektiv., genet. i tekhnol. vodelyvaniya kukuruzy v Moldavii, Kishinev. 1980. p 39-48. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 52 (1): 20. 1982. (Resumo).
- MÔRO, F.V.; FERREIRA, J.J.; FIGUEIREDO, L.A.S.; MURAKAMI, D.M.; ANDRADE, V.M.M.; DAMIÃO F^O, C.F.; MÔRO, J.R.; ZINSLY, J.R. Efeito da seleção para modificar a arquitetura da planta de milho sobre alguns caracteres anatômicos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18, Vitória, 1990. Resumos. Vitória, EMCAPA, 1990. p.23.
- O'BRIEN, S.J, ed. Plants. In: ——— Genetic maps; a compilation of linkage and reconstruction map of genetically studies organism. New York, Cold Spring

- Harbor, 1987, v.4. p. 654-752.
- PACKER, D.; GODOI, R.E.Z.; BARBOSA, R.T.P.; ZINSLY, J.R.
Experimentos em milho (*Zea mays* L.) visando a diminuição do erro experimental. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., Vitória, 1990. Resumos. Vitória, EMCAPA, 1990. p.29.
- PALIÏ, A.F.; DIDZHEÏRA A.; TSYGANASH, V.I.; TSYGANASH, D. A.; ROTAR, A.I. Effect of the sugary-2 mutation on quantitative characteres in maize hybrids. Biologichestie i Khimichestie Nauki, Moldova, 6: 18-21, 1990. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 61 (12): 1418, 1991. (Resumo).
- PENDLENTON, J.W.; SMITH, G.E.; WINTER, S.R.; JOHNSTON, T. J. Field investigation of the relationships of the leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agronomy Journal, Madison, 60: 422-4, 1968.
- PEREIRA, A.R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. O Agrônomo, Campinas, 40(3): 203-9. 1988.
- PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1990. 99p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PIOVACI, A. Modifying plant architecture of maize (*Zea mays* L.). In: Efficiency in plant breeding. In: CONGRESS OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR RESEARCH ON PLANT BREEDING,

10. Wageningen, 1984. Proceedings. p.338.
- POETHIG, R.S. 3S linkage data: ys3 and ra2. Maize Genetics Cooperation Newsletter, Columbia, 62: 99, 1988.
- POZAR, G. Interação da arquitetura da planta e espaçamento na produtividade do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1981. 75p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- ROCHEFORD, T.R.; BRIDGES Jr., W.C. ; JOHNSON, B.E.; GARDNER, C.O. Evaluation of normal and dwarf subpopulations extracted from an exotic x adapted cross of maize. Maydica, Bergamo, 34(1): 33-41, 1989.
- SARCA, T.; NEGUT, C.; MUNTEANU, G.; MIHALACHE, M. The influence of leaf angle and plant height in maize (*Zea mays* L.) on yield at various crop densities. Probleme de Genetica Teoretica Aplicata, Turda, 16(4): 297-317. 1984. Apud Plant breeding Abstracts, Cambridge, 54 (1):23, 1986. (Resumo).
- SASS, J.E. & LOEFFEL, F.A. Development of axillary buds in maize in relation to barrenness. Agronomy Journal, Madison, 51: 484-6, 1959.
- SILVA, W.J. da; HIRATO, H.; MEDINA, D.M.; LONGO, R.S. Características anatômicas e morfológicas do novo cultivar de milho erecta. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(6): 657-64, 1976.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481p.

STUPA, Y.Y. Study of the genetical, economic and biological characteristics of a new liguleless maize mutant. Nauchno Tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo Seleksionno - Geneticheskii Instituta, Odessa, 1:35-8, 1980. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 52(4): 260. 1982. (Resumo).

STUPA, Y.Y. Use of genes for ligulelessness in breeding maize. Nauchno - Tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo Seleksionno - Geneticheskogo Instituta, Odessa, 4:27-32, 1983. Apud Plant Breeding Abstracts, Cambridge, 54 (12): 886, 1984. (Resumo).

TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. Crop Science, Madison, 29: 1365-71, 1989.

TROYER, A.F. & ROSENBROOK, R.W. High plant density effect on corn trials. [Abstract]. In: Agronomy Abstracts, Madison, American Society of Agronomy (1978) 65. (Resumo).

VIDOVIC, J. The effect of changes in leaf angle and LAI on the radiation regime of the stand and on photosynthesis in maize leaves. Rostlinna Vyroba, 25(12): 1247-56, 1979.

VIÉGAS, G.P. & PEETEN, H. Sistemas de Produção. In: PATERNIANI, E & VIÉGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção de milho. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2, p.453-540.

- VIETOR, D.M.; ARIYANAYAGAM, R.P.; MUSGRAVE, R.B.
Photosynthetic selection of *Zea mays* L. I. Plant age and leaf position effects and a relationship between leaf and canopy rates. Crop Science, Madison, 17(4): 567-73, 1977.
- WINTER, S.R. & OLHROGGE, A.J.; Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yield. Agronomy Journal, Madison, 65 (5-6): 395-7, 1973.
- YAHYA, A. & ANDOR, B. Effect of planting densities, generations and hybrids on agronomic traits of maize mutants. Journal of Agriculture Research, Islamabad, 27(3): 185-93, 1989.
- ZINSLY, J.R.; MÔRO, J.R.; BANDEL, G. Cultivar "Arquitetura I": milho de prote baixo e de folhas erectas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17., Piracicaba, 1988. Resumos. Piracicaba, ESALQ/Dep^{to} de Genética, 1988. p.108.
- ZUBER, M.S. Relative efficiency of incomplete block design using corn uniformit trial data. Journal American Society Agronomy, Madison, 34: 30-47, 1942.

APÊNDICE

Apêndice 1: Origem das populações RC₁ utilizadas no
experimento 1

População	Origem
1	(Ag 106 x Comp. Arq.) x Ag 106
2	(Ag 301 x Comp. Arq.) x Ag 301
3	(Ag 302 x Comp. Arq.) x Ag 302
4	(Ag 401 x Comp. Arq.) x Ag 401
5	(Ag 404 x Comp. Arq.) x Ag 404
6	(DK 8852 x Comp. Arq.) x DK 8852
7	(C 135 x Comp. Arq.) x C 135
8	(G 8218 x Comp. Arq.) x G 8218

Apêndice 2: Aspectos fenotípicos da presença de lígula em plantas de milho

Folhas Normais, com Lígula

Folhas Espetadas, com Lígula

Folhas Normais, sem Lígula

Folhas Espetadas, sem Lígula