

RESISTÊNCIA DA ALFACE ‘SALINAS 88’ A
***Meloidogyne incognita* (Kofoed & White)**
Chitwood

JOSÉ LUIZ SANDES DE CARVALHO FILHO

2006

JOSÉ LUIZ SANDES DE CARVALHO FILHO

**RESISTÊNCIA DA ALFACE ‘SALINAS 88’ A
Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Luiz Antonio Augusto Gomes

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Carvalho Filho, José Luiz Sandes de
Resistência da alface 'Salinas 88' a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White)
Chitwood / José Luiz Sandes de Carvalho Filho. -- Lavras : UFLA, 2005.
49 p. : il.

Orientador: Luiz Antonio Augusto Gomes.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Alface. 2. Nematóide de galhas. 3. Herança. 4. Resistência. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.52952

JOSÉ LUIZ SANDES DE CARVALHO FILHO

RESISTÊNCIA DA ALFACE ‘SALINAS 88’ A *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 21 de julho de 2006

Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf

DAG/UFLA

Prof. Dr. Vicente Paulo Campos

DFP/UFLA

Prof. Luiz Antonio Augusto Gomes
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, José Luiz e Maria Izabel,

Aos meus irmãos, Álvaro, Fabiano e Isabele,

OFEREÇO

Aos meus avôs, Bento e Francisco (*In memoriam*),

As minhas avós, Lia e Miriam,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades colocadas em meu caminho.

A minha família, pelo apoio e compreensão.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura e à Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (Capes), pela oportunidade e viabilização, com suporte financeiro para a realização do mestrado.

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes, pela amizade, paciência, ensinamentos e orientação ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf, pela atenção e auxílio nas análises estatísticas.

Aos professores do Departamento de Agricultura, pelos ensinamentos durante o mestrado.

Aos funcionários da Hortiagro Sementes Ltda., em especial Paulo Moretto, Ná e Vicente Licursi, pela amizade e pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Vicente de Paulo Campos e ao Tarlei, pelo apoio técnico científico no Laboratório de Nematologia, durante a realização de análises laboratoriais.

Aos colegas Alice, Carlos, Felipe, João, Juliana, Sindynara e Zé Mauro, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos meus amigos de “rocha”, Lucrécio e Paulo, pela compreensão e ajuda em todos os momentos.

Aos amigos de Lavras André, Cida, Flávia, Gustavo, Kênia, João, Patrícia, Renata, Vanisse e Tobias pela atenção e apoio que vêm demonstrando.

Aos colegas da Pós-Graduação em Fitotecnia, pela amizade e convivência.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
ARTIGO 1: Herança da resistência da alface ‘Salinas 88’ ao nematóide das galhas <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoed & White) Chitwood.....	01
1 Resumo.....	02
2 Abstract.....	03
3 Introdução.....	04
4 Material e métodos.....	07
4.1 Teste da hipótese de herança monogênica.....	10
4.2 Testes de modelos genéticos utilizando a função de máxima verossimilhança.....	12
5 Resultados e discussão.....	15
6 Literatura citada.....	18
7 Tabelas e figuras.....	21
8 Agradecimentos.....	27
ARTIGO 2: Avaliação de famílias F ₄ de alface de folhas lisas quanto a reação de resistência a <i>Meloidogyne incognita</i> raça 1.....	28
1 Resumo.....	29
2 Abstract.....	30
3 Introdução.....	31
4 Material e métodos.....	34
5 Resultados e discussão.....	38
6 Conclusões.....	45
7 Referencias bibliográficas.....	46
8 Agradecimentos.....	49

RESUMO

CARVALHO FILHO, José Luiz Sandes de. **Resistência da alface ‘Salinas 88’ a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood**. Lavras: UFLA, 2006. 49p. (Dissertação- Mestrado em Fitotecnia).*

Apesar dos avanços com os trabalhos de melhoramento de hortaliças, enfrentam-se ainda alguns problemas como a incidência de nematóides das galhas (*Meloidogyne spp*), de difícil controle. A resistência varietal é a forma mais eficiente e econômica de combater o patógeno. Poucos estudos têm sido feitos em alface sobre fontes de resistência a nematóides e seu controle genético. Os trabalhos realizados indicam a presença de alelos para resistência em algumas cultivares de alface dos tipos crespa e americana, porém, pouco adaptadas às condições brasileiras. Não existe relato de resistência em alface do tipo lisa. A cultivar Salinas 88, do tipo americana, é resistente aos nematóides das galhas, porém, o controle genético desta resistência ainda não foi estudado. Este trabalho teve como objetivo estudar a herança da resistência ao nematóide das galhas *Meloidogyne incognita* raça 1 conferida pela cultivar Salinas 88 e identificar famílias homozigotas para o caráter, com vistas à obtenção de linhagens de folhas lisas resistentes ao patógeno. Utilizaram-se além dos genitores Salinas 88 (resistente, tipo americana) e Regina 71 (suscetível, folhas lisas), as gerações F₁ (Salinas 88 x Regina 71) e F₂ (Salinas 88 x Regina 71), além de famílias F₄ originárias das populações segregantes a partir do cruzamento original. O estudo foi feito para as características de incidência de galhas, nota para número de galhas e nota para número de massa de ovos, a partir de plantas conduzidas por 45 dias em substrato infestado com ovos de *Meloidogyne incognita* raça 1. Foram estimados componentes de médias de gerações pelo método dos quadrados mínimos ponderados, bem como parâmetros genéticos associados. Testou-se a hipótese de herança monogênica, sob diferentes graus médios de dominância presumidos, e a hipótese de herança monogênica, associada ou não a poligenes modificadores, pelo método de máxima verossimilhança. Testaram-se as famílias F₄ para se identificar aquelas homozigotas para o caráter. As estimativas do número de genes indicam que a resistência deve ser controlada por um gene maior, cujo alelo para resistência apresenta uma dominância parcial no sentido da maior resistência, havendo, no entanto, poligenes de efeito menor que também afetam a resistência. A identificação de uma grande frequência (> 50%) de famílias homozigotas resistentes corrobora esses resultados.

*Orientador: Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes - UFLA.

ABSTRACT

CARVALHO FILHO, José Luiz Sandes de. **Resistance of the lettuce cultivar Salinas 88 to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.** Lavras: UFLA, 49p. (Dissertation- Master Program in Crop Science).*

In spite of the advances in plant breeding, horticulture still faces problems such as the incidence of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), which are difficult to control. Varietal resistance is the most efficient and economical form of controlling the pathogen. Few studies have been effected on nematode resistance in lettuce and its genetic control. These studies have reported the presence of resistance genes in some looseleaf and crisphead lettuce cultivars, which are nonetheless poorly adapted to growth under Brazilian conditions. There are no reports on nematode resistance in butterleaf lettuce types. The crisphead lettuce cultivar Salinas 88 is resistant to the root-knot nematodes, but the genetic control of this resistance has not yet been studied. This work was intended to study the inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* conferred by the cultivar Salinas 88, and to identify lettuce lines homozygous for resistance to the trait, as a step towards ultimately obtaining nematode resistant butterleaf types. In addition to the parental cultivars Salinas 88 (resistant, crisphead lettuce) and Regina 71 (susceptible, butterleaf lettuce), the F₁ and F₂ generations were used in the study, in addition to F₄ families selected from the segregating F₂ population. Plants grown for 45 days in substrate infected with eggs of *Meloidogyne incognita* race 1 were examined for gall incidence, gall number scores and eggmass number scores. Generation mean components and associated genetic parameters were estimated through the weighted least squares procedure. Hypotheses of monogenic inheritance were tested for different presumed degrees of dominance, and the maximum likelihood procedure was used to test the presence of a major gene, associated or not with minor polygenic effects. There was evidence of the presence of a major gene, with nematode resistance being under control of a partially dominant allele, whose action was nevertheless influenced by minor polygenic effects. The high frequency (> 50%) of homozygous nematode resistant F₄ families was consistent with these findings.

*Major Professor: Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes – UFLA.

ARTIGO 1

**HERANÇA DA RESISTÊNCIA DA ALFACE ‘SALINAS 88’ AO
NEMATÓIDE DAS GALHAS *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White)
Chitwood.**

(Preparado de acordo com as normas da revista Horticultura Brasileira)

**José Luiz Sandes de Carvalho Filho; Luiz Antonio Augusto Gomes; Juliana
Nogueira Westerich; Wilson Roberto Maluf; Vicente Paulo Campos;
Sindynara Ferreira.**

1 RESUMO

Herança da resistência da alface ‘Salinas 88’ ao nematóide das galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.

Este trabalho teve como objetivo estudar o modo de herança da resistência da cultivar Salinas 88 ao nematóide das galhas *Meloidogyne incognita* raça 1 (Kofoid & White) Chitwood. Os tratamentos foram compostos pelas cultivares parentais Regina 71 (suscetível) e Salinas 88 (resistente), além das gerações F₁ (Salinas 88 x Regina 71) e F₂ (Salinas 88 x Regina 71). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições, sendo avaliadas 37 plantas da cultivar Regina 71, 40 plantas da cultivar Salinas 88, 40 plantas da geração F₁ e 181 plantas da geração F₂. A semeadura e a condução das plantas foram feitas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células cujo substrato foi infestado com ovos de *Meloidogyne incognita* raça 1, na proporção de 30 ovos.cm⁻³ de substrato. A avaliação foi feita 45 dias após a infestação, em plantas individuais, atribuindo-se notas de 1 a 5 para os caracteres nota para número de galhas, nota para número de massas de ovos e incidência de galhas nas raízes, por sistema radicular. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para os caracteres incidência de galhas, nota para número de galhas, nota para número de massas de ovos foram de 16,3%, 57,4% e 21,5%, respectivamente. As estimativas dos graus médios de dominância apontam para uma dominância parcial no sentido de uma maior resistência. As estimativas de χ^2 para os testes de herança monogênica foram significativas ($P \leq 0,05$), para todos os graus médios de dominância presumidos, indicando que, provavelmente, há mais de um gene envolvido na resistência à *Meloidogyne incognita* raça 1. Já o teste de máxima verossimilhança evidenciou a presença de um gene de efeito maior com ação predominantemente aditiva, com dominância parcial no sentido da resistência, além da presença de poligenes controlando a resistência. Assim, a herança da resistência da ‘Salinas 88’ a *Meloidogyne incognita* raça 1 parece ser controlada por um gene com efeito maior, havendo poligenes com efeitos menores que afetam a expressão do caráter.

Palavras chave: *Lactuca sativa* L., herança, herdabilidade.

2 ABSTRACT

Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood in the crisphead lettuce cultivar Salinas 88.

This work aimed to study the inheritance of the resistance of lettuce 'Salinas 88' to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* race 1 (Kofoed & White) Chitwood. The treatments were Regina 71 (susceptible) and Salinas 88 (resistant) parental cultivars, and the generations F₁ and F₂. The experimental design was in complete randomized block, with five replications. Thirty seven 37 plants of lettuce 'Regina 71', 40 plants of lettuce 'Salinas 88', 40 plants of the F₁ (Salinas 88 x Regina 71) generation and 181 plants of the F₂ (Salinas 88 x Regina 71) generation were assessed. Plants were grown and seeded in expanded polystyrene trays of 128 cells with substrate 30 eggs of *Meloidogyne incognita* race 1. cm⁻³ of substrate. The evaluation was made 45 days after the infestation, in individual plants, by rating galls in each root system scoring from 1 to 5 for incidence galls. Also, the score for number of galls (NNG) and score for number of egg-masses (NMO), for root system, were evaluated. A estimated high broad heritability was obtained for incidence galls (16,3%), number of galls (57,4%) and number of egg-masses (21,5%). The estimated degrees of dominance (GMD) indicated for incomplete dominance in the direction of higher nematode resistance. The χ^2 estimates were significant ($P \leq 0,05$) for all the average degrees of dominance presumed, indicating that probably at least two genes were involved in the root-knot nematode resistance. Similar result was observed in the genetic model tests using the function of maximum likelihood. It evidenced the presence of a major gene with additive and dominance action, and the presence of polygenes controlling the resistance. Thus, the inheritance of the resistance of lettuce 'Salinas 88' to the *Meloidogyne incognita* race 1 is possibility controlled for a major gene with lower effect polygenes that affect the trait expression.

Keywords: *Lactuca sativa* L., inheritance, heritability

3 INTRODUÇÃO

A cultura da alface vem ganhando importância dentro do grupo das olerícolas. Novos sistemas de cultivo estão propiciando um aumento na produção com uma redução de custo, além de possibilitar a produção da alface mais próxima dos centros consumidores, aumentando, assim, sua qualidade. Em se tratando de mercado brasileiro, a alface ocupa lugar de destaque entre as hortaliças folhosas, sendo a mais procurada pelos consumidores. Entre os grupos de alface mais consumidos no Brasil, destaca-se a de folhas lisas, cujo volume comercializado, em 2004, na CEAGESP-SP, foi de 14.043 toneladas, representando 53% do total de alface comercializado que foi de 26.407 toneladas (AGRIANUAL, 2006).

Grandes avanços têm sido conseguidos, no Brasil, por meio dos trabalhos de melhoramento, no sentido de gerar cultivares mais adaptadas às condições tropicais. No entanto, muitos problemas ainda persistem, sendo necessária uma constante busca por materiais mais competitivos. Entre estes problemas encontram-se a ocorrência de nematóides das galhas e a precocidade do florescimento. Os fitonematóides parasitas da alface são representados, principalmente, pelo gênero *Meloigogyne*, que causam perdas anuais de 10% a 20%, no caso de olerícolas (Jensen, 1972). Além disso, são de difícil controle, devido à existência de um grande número de hospedeiros e a sua capacidade de sobrevivência em diversas condições edafoclimáticas. Possuem uma capacidade de multiplicação rápida (28-70 dias) e numerosa (2.000-2.850 ovos/fêmea) com acumulação de grandes populações de ovos no solo após cultivos consecutivos de espécies consideradas boas hospedeiras (Campos, 1999; Campos *et al.*, 2001).

Os nematóides endoparasitas sedentários danificam o sistema radicular e impedem a absorção de água e sais minerais, afetando, assim, características

comerciais, como coloração das folhas, formação de cabeça, tamanho e peso de planta. De acordo com Campos (1985), cultivares de alface atacadas por nematóides ficam atrofiadas e amarelecidas, tornando-se impróprias à comercialização.

Uma das práticas mais usuais no controle de fitonematóides das galhas em culturas diversas tem sido a utilização de produtos químicos, porém, estes são altamente tóxicos e de elevada capacidade residual, causando problemas à saúde e ao meio ambiente. Por outro lado, a utilização de cultivares resistentes para diversas espécies de olerícolas tem se mostrado uma importante alternativa no controle deste patógeno.

A resistência varietal é considerada um dos métodos mais eficientes para o controle dos nematóides das galhas (*Meloidogyne spp.*) (Ferraz e Mendes, 1992; Maluf, 1997). No caso da alface, alguns trabalhos têm sido encontrados na literatura, tratando da resistência aos nematóides. Charchar e Moita (1996), avaliando 45 cultivares de alface de diferentes tipos, verificaram que dez delas apresentaram um certo nível de resistência, sendo todas de folhas crespas. Maior tolerância em cultivares de folhas crespas foi também observada por Gomes (1997) e Mendes (1998). Outros trabalhos (Ferreira *et al.*, 2005; Maluf *et al.*, 2003) mostraram que a cultivar Salinas 88, do tipo crespa repolhuda (tipo americana), apresenta resistência tanto a *M. incognita* quanto a *M. javanica*. Em nenhum trabalho, entretanto, verificou-se a ocorrência de resistência em cultivares de folhas lisas.

Os estudos de herança realizados até hoje para este caráter, feitos a partir do cruzamento entre as cultivares Regina 71 (suscetível, folhas lisas) e Grand Rapids (resistente, crespa), evidenciaram que tanto para *M. incognita* (Gomes, 1999) quanto para *M. javanica* (Maluf *et al.*, 2002), o caráter é controlado por um único loco gênico, sendo o alelo responsável pela resistência denominado *Me* (Gomes *et al.*, 2000). Os trabalhos mostraram também que o caráter

apresentou efeito predominantemente aditivo, com herdabilidade no sentido amplo relativamente alta, o que torna viável a seleção de novos materiais resistentes, a partir do cruzamento entre genitores contrastantes para o caráter.

O conhecimento do controle genético da resistência aos nematóides das galhas em cultivares de alface de diferentes tipos torna-se importante à medida que ampliam as possibilidades dentro dos programas de melhoramento. Outras características desejáveis, do ponto de vista comercial, eventualmente presentes em materiais resistentes aos nematóides das galhas, como é o caso da resistência ao LMV da cultivar Salinas 88 (Stangarlin, 1997), podem ser agregadas com maior facilidade a estes programas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar o modo de herança da resistência da cultivar Salinas 88 ao nematóide das galhas *M. incognita* raça 1 (Kofoed & White) Chitwood.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em estufa, nas dependências da HortiAgro Sementes Ltda., no município de Ijaci, MG. O município está localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, a 21°10' latitude Sul e 44°55' longitude Oeste, numa altitude de aproximadamente 832 m. A temperatura média anual é de 19,4°C, com médias mínimas de 14,8°C e com médias máximas de 26,1°C. O experimento foi conduzido no período de 16/10/2005 a 16/12/2005, época em que as temperaturas oscilaram entre 22°C e 28°C.

Os tratamentos foram compostos pelas cultivares parentais Regina 71, que se caracteriza por apresentar folhas lisas e soltas, alta resistência ao florescimento prematuro e suscetibilidade ao *M. incognita* raça 1; Salinas 88, que é do tipo americana e apresenta resistência a *M. incognita* (Ferreira *et al.*, 2005; Gomes *et al.*, 2002 e Maluf *et al.*, 2003), além das gerações F₁ (Salinas 88 x Regina 71) e F₂ (Salinas 88 x Regina 71). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições, sendo avaliadas 37 plantas da cultivar Regina 71, 40 plantas da cultivar Salinas 88, 40 plantas da geração F₁ e 181 plantas da geração F₂.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial Plantmax®. Cada célula possui o volume aproximado de 44 cm³. Foram colocadas de duas a três sementes por célula e, após a germinação, quando as plântulas apresentavam o estágio de primeira folha definitiva, procedeu-se ao desbaste, deixando-se apenas uma plântula em cada célula. Em cada bandeja, uma fileira (oito plantas) foi semeada com tomate cultivar Santa Clara, suscetível a *Meloidogyne spp.* Estas plantas foram utilizadas para se verificar a eficiência do inóculo, o que foi feito mediante a constatação de formação de galhas nas raízes das plantas de tomate após a

inoculação. Aos 15 dias após a semeadura, fez-se a infestação do substrato com os ovos de *M. incognita* raça 1 utilizando-se uma seringa veterinária e injetando-se ao lado de cada planta, diretamente no substrato, uma suspensão de ovos na proporção de 30 ovos.cm⁻³ de substrato. Os ovos foram obtidos de acordo com a técnica proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981), a partir de isolados de *M. incognita* raça 1 mantidos em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras, em vasos de 10 dm³, com plantas de tomate suscetível, cultivar Santa Clara. Aos 45 dias após a inoculação, retiraram-se as plantas de tomate de cada bandeja, verificando-se a intensa formação de galhas e de massas de ovos em suas raízes, confirmando, assim, a eficiência da inoculação.

Em seguida, cada planta foi avaliada individualmente para as características de incidência de galhas, nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos. As plantas foram retiradas da bandeja, sendo avaliadas, ainda com o torrão, para incidência de galhas. Para este caráter, observou-se visualmente o sistema radicular de cada planta, sendo atribuída uma nota, conforme Fiorini *et al.* (2005), sendo: a nota 1 atribuída a sistema radicular com poucas galhas visíveis, pequenas e não coalescentes; a nota 2 atribuída a sistema radicular com poucas galhas visíveis, porém, algumas com tamanho médio; a nota 3 atribuída a sistema radicular com um número médio de galhas visíveis, de tamanho médio e algumas de tamanho grande; a nota 4 atribuída a sistema radicular com muitas galhas visíveis, de tamanho grande, com poucas galhas de tamanho médio, algumas galhas coalescentes e a nota 5 atribuída a um sistema radicular com muitas galhas visíveis, de tamanho grande, com grande número de galhas coalescentes (Figura 1).

Para os caracteres nota para número de galhas e nota número de massas de ovos, cada planta teve seu sistema radicular submergido em água para o desprendimento do substrato do torrão. As raízes foram lavadas com cuidado,

em água parada, até se encontrarem limpas de substrato, sendo, em seguida, coloridas com o corante usado na indústria alimentícia, contendo bordeaux na concentração de 1% (Rocha *et al*, 2005), para visualização das massas de ovos. Em seguida, contaram-se o número de galhas e o número de massas de ovos por sistema radicular, atribuindo-se as notas correspondentes.

Para o número de galhas, utilizou-se uma escala de notas que variou de 1 a 5, sendo: a nota 1 atribuída a sistema radicular com número de galhas menor ou igual a 20; a nota 2 atribuída a sistema radicular com número de galhas maior que 20 e menor ou igual a 40; a nota 3 atribuída a sistema radicular com número de galhas maior que 40 e menor ou igual a 60; a nota 4 atribuída a sistema radicular com número de galhas maior que 60 e menor ou igual a 80; a nota 5 atribuída a um sistema radicular com um número de galhas maior que 80.

Para o número de massas de ovos, utilizou-se também uma escala de notas de 1 a 5, sendo: a nota 1 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos menor ou igual a 10; a nota 2 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 10 e menor ou igual a 20; a nota 3 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 20 e menor ou igual a 30; a nota 4 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 30 e menor ou igual a 40 e a nota 5 atribuída a um sistema radicular com número de massas de ovos superior a 40. Dessa forma, a nota 1 caracterizava plantas com maior resistência, enquanto a nota 5 caracterizava plantas com maior suscetibilidade.

Utilizando-se as notas para incidência de galhas, número de galhas e número de massas de ovos, realizou-se a estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos. Com as médias e as variâncias das populações, foram obtidas as estimativas das variâncias genética (σ_G^2), ambiental (σ_E^2) e fenotípica ($\sigma_{F_2}^2$), da herdabilidade no sentido amplo (H^2) e do grau médio de dominância (GMD)

(Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Os efeitos aditivos [a] e não aditivos [d] médios do(s) gene, que controla(m) cada caráter foram estimados a partir das médias das gerações, pelo método dos quadrados mínimos ponderados (Mather e Jinks, 1984). Em seguida, estimou-se o GMD ([d]/[a]) a partir desta última metodologia.

4.1 Teste da hipótese de herança monogênica

Os dados observados nas diferentes gerações foram utilizados para verificação da hipótese de herança monogênica, sob diferentes graus médios de dominância presumidos (Gomes *et al.*, 2000; Menezes *et al.*, 2005 e Oliveira *et al.*, 2003). Esta hipótese foi testada sob vários graus médios de dominância, considerando as seguintes pressuposições:

a) a distribuição dos dados para cada uma das gerações (P_1 , P_2 , F_1 e F_2) segue uma distribuição normal;

b) o ponto de truncagem (PT) foi estabelecido levando-se em conta a nota acima da qual se encontrava o maior número de plantas da cultivar suscetível (Regina 71) e abaixo do qual se encontrava o maior número de plantas da cultivar resistente (Salinas 88);

c) para cada uma das gerações parentais, a média verdadeira ($\overline{P_1}, \overline{P_2}$) foi considerada igual à respectiva média esperada e a variância verdadeira, considerada igual à respectiva variância estimada;

d) baseando-se numa distribuição normal, foram estimadas as frequências de plantas dos parentais (P_1 e P_2) iguais ou menores que o ponto de truncagem (PT);

e) a média da geração F_1 foi admitida como sendo:

$$\overline{F_1} = \frac{(\overline{P_1} + \overline{P_2})}{2} + GMD \cdot \frac{(\overline{P_2} - \overline{P_1})}{2}, \text{ sendo o GMD o grau médio de dominância}$$

presumido e $\overline{P_1}$ e $\overline{P_2}$ as médias dos respectivos parentais. A variância verdadeira para a população F_1 foi admitida como sendo igual à respectiva variância estimada;

f) sob hipótese de herança monogênica calculou-se, para F_2 , a frequência esperada do número de plantas com média $\leq$ PT como sendo a média ponderada das frequências esperadas em P_1 , P_2 e F_1 , com ponderações 1:2:1, respectivamente;

g) as frequências esperadas de plantas com média $\leq$ PT obtidas para P_1 (item d), P_2 (item d), F_1 (item e) e F_2 (item f) foram multiplicadas pelo número de plantas avaliadas por geração, obtendo-se assim, o número esperado de plantas com média $\leq$ PT sob a hipótese de herança monogênica com o GMD considerado;

h) os números esperados de plantas em P_1 , P_2 , F_1 e F_2 com médias $\leq$ PT foram comparados aos números efetivamente obtidos, computando-se o valor de qui-quadrado com dois graus de liberdade (pois as frequências de P_1 e P_2 foram somadas em uma categoria, devido a um valor zero da frequência esperada do P_2) para os caracteres nota para número de galhas, incidência de galhas e três graus de liberdade para o caráter nota para número de massas de ovos.

i) a significância do valor de qui-quadrado obtido levará à rejeição da hipótese de herança monogênica sob o grau de dominância considerado. Por outro lado, a não significância do valor de qui-quadrado (χ^2) obtido levará a não rejeição dessa hipótese, admitindo-se a possibilidade de tratar-se de herança monogênica sob o GMD considerado.

4.2 Testes de modelos genéticos utilizando a função de máxima verossimilhança

Silva (2003) propôs uma metodologia para modelar e estimar parâmetros relativos ao efeito de gene maior e poligenes ao se utilizarem gerações derivadas de linhagens contrastantes, considerando o método de máxima verossimilhança. Com base nos componentes de média e variância (Mather e Jinks, 1984), os dados foram considerados como apresentando uma distribuição normal, como se segue:

$$P_1 : N(\mu - [a] - A, \sigma^2)$$

$$P_2 : N(\mu + [a] + A, \sigma^2)$$

$$F_1 : N(\mu + [d] + D, \sigma^2)$$

$$F_2 : \frac{1}{4}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} - A, \sigma^2 + V_A + V_D\right) + \frac{1}{2}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + D, \sigma^2 + V_A + V_D\right) + \frac{1}{4}N\left(\mu + \frac{[d]}{2} + A, \sigma^2 + V_A + V_D\right)$$

sendo: μ = constante de referência; A = efeito aditivo do gene de efeito maior; D = efeito de dominância do gene de efeito maior; $[a]$ = componente poligênico aditivo; $[d]$ = componente poligênico de dominância; V_A = variância aditiva; V_D = variância atribuída aos desvios de dominância dos efeitos poligênicos e σ^2 = variância ambiental.

A função de densidade para F_2 foi constituída por uma mistura de três distribuições normais, sendo que, em cada componente da mistura, os componentes de média e variância dos poligenes não mudam, mudando apenas os efeitos do gene de efeito maior. Todos os parâmetros foram estimados pelo

uso do método de máxima verossimilhança e foram construídos modelos genéticos diversos (Tabela 1).

TABELA 1. Modelos de herança testados para resistência ao *M. incognita*.

Modelos	Parâmetros
1= gene maior com efeito aditivo e de dominância + poligenes com efeito aditivo e de dominância	$\mu, A, D, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
2= gene maior com efeito aditivo e de dominância + poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, D, [a], V_A, \sigma^2$
3= gene maior com efeito aditivo apenas + poligenes com efeito aditivo e de dominância	$\mu, A, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
4= gene maior com efeito aditivo + poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, [a], V_A, \sigma^2$
5= poligenes com efeito aditivo e de dominância	$\mu, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
6= poligenes com efeito aditivo apenas	$\mu, [a], V_A, \sigma^2$
7= gene maior com efeitos aditivo e de dominância	μ, A, D, σ^2
8= gene maior com efeito aditivo apenas	μ, A, σ^2
9= apenas efeito do ambiente	μ, σ^2

Sendo que:

μ : constante de referência;

A: efeito aditivo do gene de efeito maior;

D: efeito de dominância do gene de efeito maior;

[a]: componente poligênico aditivo;

[d]: componente poligênico de dominância;

V_A : variância aditiva;

V_D : variância atribuída aos desvios de dominância dos efeitos poligênicos

S_{AD} : componente da variação relativa aos produtos dos efeitos poligênicos aditivos pelos efeitos poligênicos de dominância;
 σ^2 : variância ambiental.

Os modelos 1, 3 e 5 não puderam ser testados devido à ausência dos retrocruzamentos RC_1 e RC_2 , o que impossibilitou estimar a variância de dominância associada aos efeitos poligênicos.

Os testes de verossimilhança foram feitos por meio da estatística LR (Modd *et al.*, 1974) dada por:

$LR = -2 \ln \frac{L(M_i)}{L(M_j)}$; sendo $L(M_i)$ e $L(M_j)$ as funções de verossimilhança dos modelos i e j , em que o modelo i deve estar hierarquizado ao modelo j . Os testes foram realizados utilizando o software estatístico Monogen v.0.1 (Silva, 2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das gerações F_1 e F_2 foram intermediárias às médias dos parentais para incidência de galhas, nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos. A estimativa de herdabilidade no sentido amplo foi relativamente alta para o caráter nota para número de galhas (57,4%) e mais baixo para os caracteres nota para número de massas de ovos (21,5%) e incidência de galhas (16,3%). A variância fenotípica foi semelhante para os três caracteres estudados, tendo o caráter nota para número de galhas sido o que apresentou valor mais elevado (Tabela 2). Os valores inferiores para herdabilidade no sentido amplo dos caracteres incidência de galhas e nota para número de massas de ovos, indicam que esses caracteres estão mais sujeitos do que a nota para número de galhas à influência do ambiente. De toda forma, os valores encontrados para herdabilidade no sentido amplo indicam a possibilidade de obterem-se indivíduos superiores por meio de seleção, especialmente utilizando-se o critério de nota para número de galhas.

As estimativas dos graus médios de dominância (GMD) apontam para um modelo aditivo dominante, com dominância parcial no sentido de notas menores que 2 para os caracteres número de galhas, número de massas de ovos incidência de galhas, por sistema radicular, com valores de -0,421, -0,412 e -0,764, respectivamente (Tabela 2). Esses valores são semelhantes aos valores de GMD encontrados pelo teste de máxima verossimilhança o que confirma o valor GMD encontrado (Tabela 3). Gomes *et al.* (2000), estudando a herança da resistência à *M. incognita* da cultivar Grand Rapids, encontraram valores de herdabilidade no sentido amplo de 68,3% e 72,5% para os caracteres número de galhas e número de massas de ovos, respectivamente.

Baseando-se na frequência de plantas dos parentais Salinas 88 (P_1) e Regina 71 (P_2) para cada nota, determinou-se como ponto de truncagem a nota 2 para todos os caracteres estudados (Figura 2). Para a nota para número de galhas, pode-se admitir como válida (no limite da significância) a hipótese de herança monogênica, com um grau médio de dominância -0,8, evidenciando dominância parcial do alelo que confere maior resistência (menor nota para número de galhas) (Figura 3). Do mesmo modo, para o caráter incidência de galhas, pode-se admitir a hipótese de herança monogênica, com um grau médio de dominância em torno de -1,4, indicando uma sobredominância, mas como a significância está no limite, esta estimativa pode também ser atribuída a genes modificadores (poligenes) (Figura 4). Para o caráter nota para número de massas de ovos, rejeita-se a hipótese de herança monogênica sob quaisquer graus médios de dominância presumidos, evidenciando que o caráter é influenciado por mais de um loco gênico (Figura 5).

Os resultados obtidos para o controle genético da resistência da ‘Salinas 88’ a *M. incognita* assemelham-se ao estudo realizado com a cultivar de alface Grand Rapids, de onde se concluiu que a resistência é possivelmente controlada por um único loco gênico (Gomes *et al.*, 2000). A divergência entre os resultados dos trabalhos pode ser devido à presença de genes modificadores na cultivar Salinas 88 que não se manifestam na cultivar Grand Rapids ou até mesmo ser um reflexo do não alelismo entre os genes resistentes presentes nestas cultivares. Para confirmação desta hipótese, seriam necessários novos estudos que avaliassem a reação de populações segregantes provenientes do cruzamento das cultivares resistentes Grand Rapids e Salinas 88.

Com base nos testes de modelos genéticos utilizando a função de máxima verossimilhança, quando se compararam os Modelos 7 e 9 (Silva, 2003), para todos os três caracteres, evidencia-se a presença de um gene maior com efeitos aditivo e de dominância (Tabela 4). Ao confrontarem-se os Modelos

7 e 8, da mesma forma rejeita-se a hipótese (H_0), indicando a dominância do gene maior. Quando se compararam os Modelo 2 e 7, para o caráter nota para número de galhas, a hipótese (H_0) é rejeitada, evidenciando, assim, que além de um gene maior com efeito aditivo e de dominância existem também poligenes com efeitos aditivos que afetam o controle da resistência. Para o caráter incidência de galhas, a hipótese H_0 foi aceita na comparação entre os Modelos 2 e 7, evidenciando a que este caráter é, possivelmente, menos afetado pelos poligenes que o caráter nota para número de galhas.

De acordo com os resultados, a herança da resistência da cultivar Salinas 88 é controlada pelo menos em parte por um gene maior, que apresenta efeitos aditivos e dominância parcial no sentido da maior resistência. É provável que existam também poligenes de efeito menor afetando a resistência, particularmente quando se utilizam caracteres com menor influência ambiental, como é caso da nota para número de galhas.

A coincidência dos valores para a maioria dos parâmetros avaliados, para cada caráter, demonstrou a viabilidade de utilizar qualquer um dos caracteres para seleção de plantas em um programa de melhoramento.

6 LITERATURA CITADA

AGRIANUAL 2006 - anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2004. p. 147.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.6, n.3, p.553, 1981.

CAMPOS, V. P. **Manejo de doenças causadas por fitonematóides**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 124 p. (Textos Acadêmicos).

CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematóides em alcachofra, alface, chicória, morango e quiabo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 182, p. 21-28, 1985.

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p. 125-158.

CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. Reação de cultivares de alface à infecção por mistura populacionais de *Meloidogyne incognita* em condições de campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 185-189, nov. 1996.

FERRAZ, S.; MENDES, M. L. O nematóide das galhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 43-45, 1992.

FERREIRA, S.; GOMES, L. A. A.; WESTERICH, J. N.; MAGRO, F. de O.; CARVALHO FILHO, J. L. S. de; TEIXEIRA, D. F.; GOMES, A. R. do V. A. Reação de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. **Horticultura Brasileira**, Fortaleza, CE, v. 23, n. 2, 2005. Suplemento 2. 1CD-ROOM. Trabalho apresentado no 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005.

FIORINI, C. V. A.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; FIORINI, I. V. A.; DUARTE, R. de P. F.; LICURSI, V. Avaliação de populações F₂ de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 299-302, abr. /jun. 2005.

GOMES, L. A. A. **Herança da resistência da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids ao nematóide de galhas (*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.** 1999. 70 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; FREITAS, J. A.; LICURSI, V. Reação de cultivares de alface a infecção por *Meloidogyne javanica*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 99, maio 2002.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Inheritance of the resistance reaction of the lettuce cultivar 'Grand Rapids' to the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Euphytica**, Wageningen, v. 114, n. 1, p. 34-46, 2000.

GOMES, L. A. A.; MENDES, W. P.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; FREITAS, J. A.; MORETTO, P. Resistência de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita* (raças 1, 2 e 3). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., 1997, Manaus. **Anais...** Manaus: SOB, 1997.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. **Plant Disease Report**, St. Paul, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, Dec. 1973.

JENSEN, H. J. Nematode pests of vegetable and related crops. In: WEBSTER, J. M. (Ed.). **Economic nematology**. London: Academic Press, 1972. Cap. 16, p. 377-408.

MALUF, L. E. J.; OKADA, A. T.; GOMES, L. A. A.; FIORINI, C. V. A.; MALUF, W. R.; LICURSI, V. Reação de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita*. **Horticultura Brasileira**, Recife, PE, v. 21, n. 2, 2003. Suplemento 2. ICD-ROOM. Trabalho apresentado no 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003.

MALUF, W. R. Resistência a nematóides das galhas *Meloidogyne* spp. em espécies olerícolas. In: ZAMBOLIN, L.; RIBEIRO-DO-VALE, F. X. (Ed.). **Resistência de plantas a doenças. Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 57-63, ago. 1997. Congresso Brasileiro de Fitopatologia.

MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; GOMES, L. A. A.; OLIVEIRA, A. G. B. de. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 1, p. 64-71, 2002.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução a genética biométrica**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1984, 242 p.

MENDES, W. P. **Hospetabilidade e resistência de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) aos nematóides das galhas (1, 3 e 4) e *Meloidogyne javanica***. 1998. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MENEZES, C. B.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M. de; FARIA, M. V.; NASCIMENTO, I. R.; NOGUEIRA, D. W.; GOMES, L. A. A.; BEARZOTI, E. Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 1, p. 39-46, 2005.

MOOD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. 3. ed Tóquio: McGraw-Hill Kogakusha, 1974. 564 p.

OLIVEIRA, A. C. B. de; MALUF, W. R.; PINTO, J. E. B. P.; AZEVEDO, S. M. Resistance to papaya ringspot virus in summer squash *Cucurbita pepo* L. introgressed from an interspecific *C. pepo* × *C. moschata* cross. **Euphytica**, Wageningen, v. 132, n. 2, p. 211-215, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. G. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 227 p.

ROCHA, F. da S.; MUNIZ, M. de F. S.; CAMPOS, V. P. Coloração de fitonematóides com corantes usados na indústria alimentícia brasileira. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 293-297, 2005.

SILVA, J. A. **Estimadores de máxima verossimilhança em misturas de densidade normais: um aplicação em genética**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. .

STANGARLIN, O. S. **Variabilidade de vírus do mosaico da alface e comportamento de cultivares tolerantes de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1997. 72 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

7 TABELAS E FIGURAS

TABELA 2. Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos para incidência de galhas (ING), nota para número de massas de ovos (NMO) e nota para número de galhas (NNG), por sistema radicular, em alface inoculada com *Meloidogyne incognita*. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Parâmetro	ING	NMO	NNG
$\overline{P}_1$	1,375	1,400	1,650
$\overline{P}_2$	3,405	4,108	4,892
$\overline{F}_1$	1,165	2,487	2,667
$\overline{F}_2$	2,000	2,227	2,801
$\sigma_{P_1}^2$	0,907	0,605	0,695
$\sigma_{P_2}^2$	1,081	1,044	0,155
$\sigma_{F_1}^2$	0,559	0,888	1,123
$\sigma_{F_2}^2$	0,978	1,076	1,160
σ_G^2	0,159	0,231	0,666
σ_E^2	0,818	0,845	0,494
h^2	0,163	0,215	0,574
m	2,389	2,683	3,208
[a]	1,015	1,398	1,602
[d]	-0,775	-0,575	-0,674
GMD	-0,764	-0,412	-0,421

Sendo que: $\overline{P}_1$ = média de ‘Salinas 88’; $\overline{P}_2$ = média de ‘Regina 71’; $\overline{F}_1$ = média de F_1 (Salinas 88 x Regina 71); $\overline{F}_2$ = média de F_2 (Salinas 88 x Regina 71);

$\sigma_{F_2}^2$ = variância fenotípica; σ_G^2 = variância genética; σ_E^2 = variância ambiental; H^2 = herdabilidade no sentido amplo; GMD = grau médio de dominância, [d]/[a].

TABELA 3. Comparação entre os graus médios de dominância (GMD) referentes ao teste dos quadrados mínimos e o teste de máxima verossimilhança para os caracteres incidência de galhas (ING), nota para número de galhas (NNG), nota para número de massas de ovos (NMO), por sistema radicular de alface afetada por *Meloidogyne incognita*.

Caracteres	GMD	
	Max. verossimilhança	Quadrados mínimos
ING	-0,770	-0,764
NMO	-0,403	-0,412
NNG	-0,420	-0,421

TABELA 4. Hipóteses de herança para incidência de galhas (ING), nota para número de galhas (NNG) e nota para número de massas de ovos (NMO), por sistema radicular de alface afetada por *Meoidogyne incognita*. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Testes	ING	NMO	NNG
	χ^2	χ^2	χ^2
2 vs 7	3,69	-	14,92*
7 vs 8	29,28*	23,82*	37,85*
7 vs 9	92,53*	127,05*	181,58*
8 vs 9	-	16,26*	-

- Valor negativo, talvez devido a problemas de convergência.

* Valores significativos, a 5% de probabilidade.

Modelo 2 vs 7- Poligenes com efeitos aditivos atuando como modificadores de 1 gene maior.

Modelo 7 vs 8- Dominância do gene maior.

Modelo 7 vs 9- 1 gene maior com efeitos aditivos e de dominância.

Modelo 8 vs 9- 1 gene maior com efeitos aditivos.



FIGURA 1. 1 – 5: Incidência de galhas (ING) em plantas de alface inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 1. 1: poucas galhas visíveis, pequenas e não coalescentes; 2: poucas galhas visíveis, porém, algumas com tamanho médio; 3: número médio de galhas visíveis, de tamanho médio e algumas de tamanho grande; 4: muitas galhas visíveis, de tamanho grande, com poucas galhas de tamanho médio, algumas galhas coalescentes; 5: muitas galhas visíveis, de tamanho grande, com grande número de galhas coalescentes. UFLA, Lavras, MG, 2006.

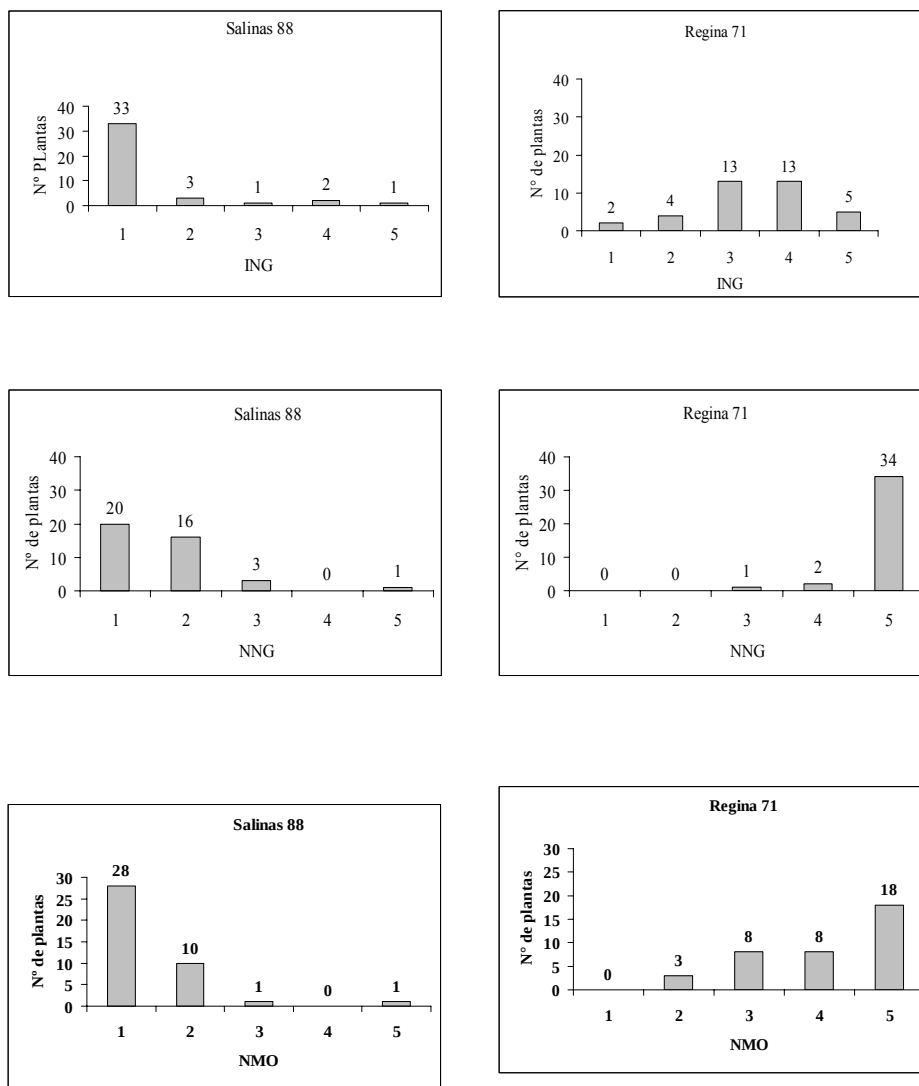


FIGURA 2. Distribuições de freqüências para os caracteres incidência de galhas (ING), nota para número de galhas (NNG) e nota para número de massas de ovos (NMO) em plantas das cultivares Salinas 88 e Regina 71. UFLA, Lavras, MG, 2006.

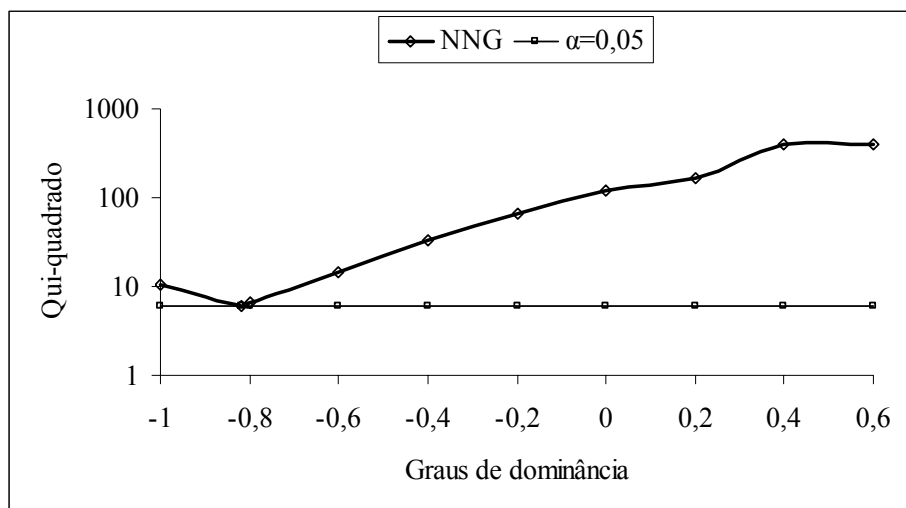


FIGURA 3. Teste da hipótese de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância presumidos para o caráter nota para número de galhas (NNG) por sistema radicular em alface inoculada com *Meloidogyne incognita*. UFLA, Lavras, MG, 2006.

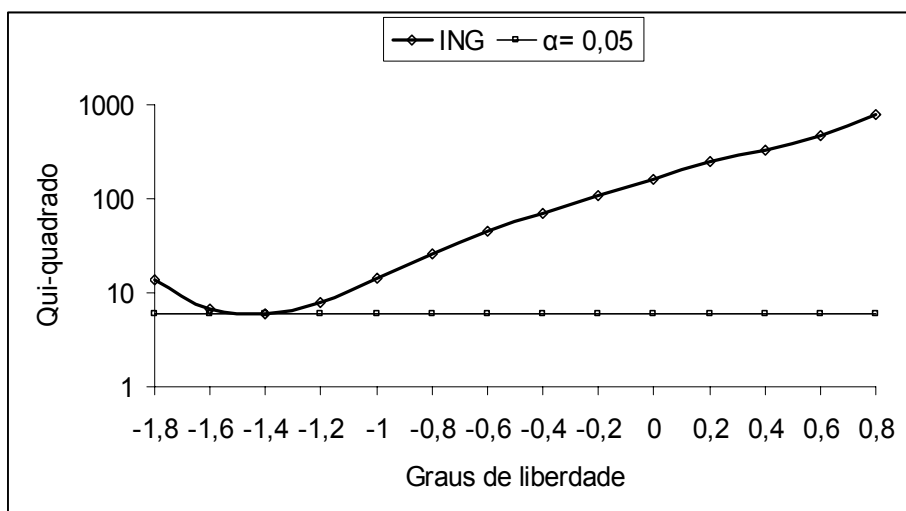


FIGURA 4. Teste da hipótese de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância presumidos para incidência de galhas (ING) por sistema radicular em alface inoculada com *Meloidogyne incognita*. UFLA, Lavras, MG, 2006.

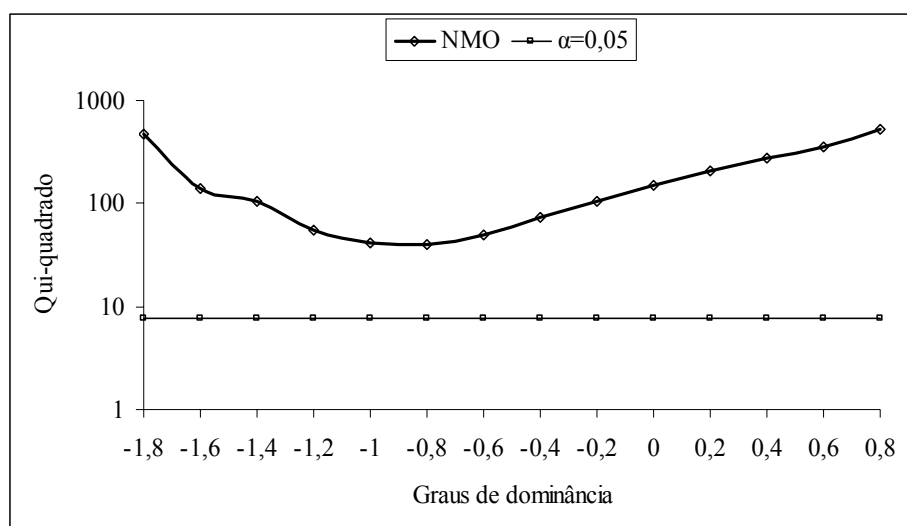


FIGURA 5. Teste da hipótese de herança monogênica sob diferentes graus médios de dominância presumidos para o caráter nota para número de massas de ovos (NMO) em alface inoculada com *Meloidogyne incognita*. UFLA, Lavras, MG, 2006.

8 AGRADECIMENTOS

À Fapemig, CNPq, Faepe UFLA e HortiAgro Sementes Ltda.

ARTIGO 2

AVALIAÇÃO DE FAMÍLIAS F₄ DE ALFACE DE FOLHAS LISAS QUANTO À REAÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Meloidogyne incognita* raça 1.

(Preparado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Agrociência)

**José Luiz Sandes de Carvalho Filho; Luiz Antonio Augusto Gomes; Juliana
Nogueira Westerich; Wilson Roberto Maluf; Vicente Paulo Campos.**

1 RESUMO

Avaliação de famílias F₄ de alface de folhas lisas quanto à reação de resistência a *Meloidogyne incognita* raça 1.

Este trabalho teve como objetivo avaliar 22 famílias F₄ de alface de folhas lisas, identificando aquelas homozigotas para resistência a *Meloidogyne incognita* raça 1. Os tratamentos foram compostos pelas cultivares parentais Regina 71 e Salinas 88, além das 22 famílias F₄ (Salinas 88 x Regina 71), provenientes de plantas previamente selecionadas para esta característica na geração F₃ (Salinas 88 x Regina 71). A semeadura e condução das plantas foi feita em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, cujo substrato foi infestado com ovos de *Meloidogyne incognita* raça 1, na proporção de 30 ovos.cm⁻³ de substrato. A avaliação foi feita 45 dias após a infestação, em plantas individuais, atribuindo-se notas de 1 a 5, conforme o número de galhas e número de massas de ovos presentes no sistema radicular. Cada progênie foi comparada com cada uma das cultivares parentais de acordo com a frequência de plantas obtidas para cada nota, para cada uma das características. Fez-se o teste de qui-quadrado (χ^2) obtendo-se a significância em relação a cada um dos pais. Para o caráter nota para número de galhas, 15 famílias foram identificadas resistentes. As outras 7 famílias foram consideradas segregantes. Para o caráter nota para número de massas de ovos, 12 famílias foram consideradas resistentes e as outras 10 famílias foram consideradas segregantes. As 12 famílias resistentes para os dois caracteres foram consideradas homozigotas resistentes, podendo vir a dar origem a linhagens de alface de folhas lisas resistentes a *Meloidogyne incognita* raça 1.

Palavras chave: *Lactuca sativa* L., seleção, melhoramento, nematóide das galhas.

2 ABSTRACT

Screening butterleaf lettuce F₄ families for resistance to *Meloidogyne incognita* race 1.

This work was designed to screen twenty two F₄ butterleaf lettuce families, for their resistance reaction to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* race 1. The genotypes tested were made up of the parent cultivars Regina 71 (susceptible) and Salinas 88 (resistant), in addition to their 22 F₄ families derived from plants previously selected for nematode resistance/ leaf type in the F₃(Salinas 88 x Regina 71) generation. The experiment was carried out in greenhouse, in 128-cell expanded polystyrene trays. The substrate was infested with eggs of *Meloidogyne incognita* race 1, to a final concentration of 30 eggs.cm⁻³. Individual plants were examined 45 days after nematode inoculation, and root systems were scored in scales from 1 (=low incidence) to 5 (= high incidence) based on gall number and eggmass numbers. For each family, frequencies of plants for each score class were compared with frequencies found in both parental cultivars, and significance of comparisons was tested with a chi-square (χ^2) test. The chi-square tests on gall number data indicated fifteen families as nematode resistant, the remaining seven families being considered segregant for the trait. For eggmass number data, the tests identified twelve families as resistant, the remaining ten families being regarded as segregant. Twelve families, rated as resistant by both criteria, were regarded as homozygous resistant to *Meloidogyne incognita* race 1, and were considered promising for the development of nematode resistance butterleaf lettuce types.

Key words: *Lactuca sativa* L., selection, breeding, root-knot nematodes.

3 INTRODUÇÃO

A cultura da alface vem ganhando importância dentro do grupo das olerícolas. Novos sistemas de cultivo estão propiciando um aumento na produção com uma redução de custo, além de possibilitar a produção mais próxima aos centros consumidores, aumentando, assim, sua qualidade. Em se tratando de mercado brasileiro, a alface ocupa lugar de destaque entre as hortaliças folhosas, sendo a mais procurada pelos consumidores. Entre os grupos mais consumidos, destaca-se a alface de folhas lisas, cujo volume comercializado em 2004, na CEAGESP-SP, foi de 14.043 toneladas, representando 53 % do total de alface comercializado que foi de 26.407 toneladas (AGRIANUAL, 2006).

Grandes avanços têm sido conseguidos por meio dos trabalhos de melhoramento, no sentido de gerar cultivares mais adaptadas às condições tropicais. No entanto, muitos problemas persistem, sendo necessária uma constante busca por materiais mais competitivos. Entre estes problemas encontram-se a ocorrência de nematóides das galhas e a precocidade do florescimento. Os fitonematóides parasitas da alface são representados principalmente pelo gênero *Meloidogyne*. Esses causaram perdas anuais de 10% a 20% em olerícolas nos Estados Unidos (JENSEN, 1972). Além disso, são de difícil controle, devido à existência de um grande número de hospedeiros e a sua capacidade de sobrevivência a diversas condições edafoclimáticas. Possuem uma capacidade de multiplicação rápida (28-70 dias) e numerosa (2.000-2.850 ovos/fêmea) com acumulação de grandes populações de ovos no solo após cultivos consecutivos de espécies consideradas boas hospedeiras (CAMPOS, 1999; CAMPOS et al., 2001).

Os endoparasitas sedentários danificam o sistema radicular e impedem a absorção de água e sais minerais, afetando, assim, características comerciais

como coloração das folhas, formação de cabeça, tamanho e peso de planta. De acordo com CAMPOS (1985), cultivares de alface atacadas por nematóides ficam atrofiadas e amarelecidas, tornando-se impróprias à comercialização. No plantio da cultivar de folhas lisas Elisa, em estufa, cujo solo encontrava-se naturalmente infestado com *M. javanica*, SANTOS (1995) verificou que, ao suceder o tomateiro 'Roquesso' (suscetível a *Meloidogyne* spp.), houve uma redução na produção de 17% até 78%, dependendo da origem das plantas, mudas ou semeadura direta, respectivamente.

A prática mais usual no controle de fitonematóides das galhas em culturas diversas tem sido a utilização de produtos químicos, porém, estes são altamente tóxicos e de elevada capacidade residual, causando problemas à saúde e ao meio ambiente. A utilização de cultivares resistentes para diversas espécies de olerícolas tem se mostrado uma importante alternativa no controle deste patógeno (MALUF, 1997).

No caso da alface, alguns trabalhos têm sido encontrados na literatura, tratando da resistência aos nematóides. Em 1996, CHARCHAR & MOITA, avaliando 45 cultivares de alface de diferentes tipos, verificaram que dez delas apresentaram certo nível de resistência, sendo todas de folhas crespas, em que se destacou a cultivar Grand Rapids. Maior tolerância em cultivares de folhas crespas foi também observada por GOMES (1997) e MENDES (1998). GOMES et al. (2002) verificaram que as cultivares tipo americana Salinas 88, Lorca e Legacy apresentaram resistência a *M. incognita*. Resultados semelhantes foram obtidos por FLORENTINO et al. (2003) que, trabalhando com seis cultivares de alface, Grand Rapids, Regina 71, Legacy, Lorca, Madona e Rayder, em casa de vegetação, numa área naturalmente infestada por nematóides das galhas *Meloidogyne* spp., evidenciaram que as cultivares tipo americana Legacy e Lorca, juntamente com a cultivar Grand Rapids de folhas crespas, apresentaram menores perdas na produção. Outros trabalhos (FERREIRA et al., 2005 e

MALUF et al., 2003) evidenciaram também a resistência da cultivar Salinas 88, tanto ao *M. incognita* quanto ao *M. javanica*. Em nenhum trabalho, entretanto, verificou-se a ocorrência de resistência em cultivares de folhas lisas.

Estudos de herança para este caráter, feitos a partir do cruzamento entre as cultivares Regina 71 (suscetível) e Grand Rapids (resistente) evidenciaram que tanto para *M. incognita* (GOMES, 1999) quanto para *M. javanica* (MALUF et al., 2002), o controle genético é feito por um único loco gênico. Os trabalhos mostraram, também, que o gene apresenta efeito predominantemente aditivo, com herdabilidade no sentido amplo relativamente alta, o que facilita a seleção de novos materiais resistentes, a partir do cruzamento entre genitores contrastantes para o caráter.

Um segundo estudo realizado a partir do cruzamento entre ‘Salinas 88’ (resistente) e ‘Regina 71’ (suscetível) evidenciou que o controle genético é realizado por um loco gênico com um efeito maior e há poligenes (genes modificadores) de efeitos menores (ver Artigo 1).

A utilização da cultivar Salinas 88 como fonte de resistência aos nematóides pode ser de grande importância para os programas de melhoramento, na medida em que a mesma apresenta também resistência ao *lettuce mosaic virus* (LMV) (STANGARLIN, 1997), doença que causa perdas significativas na cultura em todo o mundo (GROGAN, 1980).

O objetivo deste trabalho foi avaliar 22 famílias F₄ de alface, provenientes do cruzamento entre as cultivares Salinas 88 e Regina 71, contrastantes para resistência aos nematóides das galhas, identificando famílias homozigotas resistentes à *M. incognita* raça 1, com vistas ao desenvolvimento de linhagens de alface com folhas lisas que sejam resistentes a este patógeno.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em estufa nas dependências da HortiAgro Sementes Ltda., no município de Ijaci, MG. O município está localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, a 21°10' latitude Sul e 44°55' longitude Oeste, numa altitude de 832 m. A temperatura média anual é de 19,4°C, com médias mínimas de 14,8°C e com médias máximas de 26,1°C. O experimento foi conduzido no período de 16/10/2005 a 16/12/2005, época em que as temperaturas oscilaram entre 22°C e 28°C.

Os tratamentos foram compostos pelas cultivares parentais Regina 71, que se caracteriza por apresentar folhas lisas e soltas, suscetibilidade aos nematóides das galhas e ao LMV e tolerância ao calor, e Salinas 88, que é do tipo americana e apresenta resistência aos nematóides das galhas e ao LMV, além de 22 famílias F₄, originadas do cruzamento entre estas duas cultivares.

Para obtenção destas famílias, após a obtenção do F₁ (Salinas 88 x Regina 71), obteve-se por autofecundação a geração F₂ (Salinas 88 x Regina 71). Nesta geração, avaliaram-se 273 plantas para resistência ao LMV e tolerância ao pendoamento precoce, selecionando-se 42 plantas superiores para estas características (WESTERICH et al., 2005), as quais tiveram as suas sementes colhidas (F_{2:3}). Estas famílias foram avaliadas para resistência a *M. incognita* e novamente tolerância ao calor (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005). Vinte e duas plantas, selecionadas entre e dentro das famílias F_{2:3} com superioridade para as duas características, foram escolhidas e deram origem às diferentes famílias F_{3:4}, objeto deste estudo.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial Plantmax®. Cada célula possui o volume aproximado de 44 cm³. Foram colocadas duas a três sementes por célula e após a germinação, quando as plântulas apresentavam o estágio de primeira folha

definitiva, procedeu-se ao desbaste, deixando apenas uma plântula em cada célula. Em cada bandeja, uma fileira (oito plantas) foi semeada com tomate cultivar Santa Clara, suscetível a *Meloidogyne spp.* Estas plantas foram utilizadas para se verificar a eficiência do inóculo, o que foi feito mediante a constatação de formação de galhas nas raízes das plantas de tomate. Aos 15 dias após a semeadura, fez-se a infestação do substrato com os ovos de *M. incognita* raça 1 utilizando-se uma seringa veterinária e injetando-se ao lado de cada planta, diretamente no substrato, uma suspensão de ovos na proporção de 30 ovos.cm⁻³ de substrato. Os ovos foram obtidos de acordo com a técnica proposta por Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981), a partir de isolados de *M. incognita* raça 1 mantidos em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras, em vasos de 10 dm³, com plantas de tomate suscetível aos nematóides das galhas, cultivar Santa Clara. Aos 45 dias após a inoculação, retiraram-se as plantas de tomate de cada bandeja, verificando-se a intensa formação de galhas e de massas de ovos em suas raízes, confirmando, assim, a eficiência da inoculação.

Em seguida, cada planta de alface foi avaliada individualmente para os caracteres de nota para número de galhas nas raízes e nota para número de massas de ovos nas raízes. Cada planta foi retirada da bandeja, sendo seu sistema radicular submergido em água para o desprendimento do substrato do torrão. As raízes foram lavadas com cuidado, em água parada, até se encontrarem limpas de substrato, sendo, em seguida, coloridas com o corante usado na indústria alimentícia, contendo bordeaux na concentração de 1% (ROCHA et al, 2005), para visualização das massas de ovos. Em seguida, contaram-se o número de galhas e o número de massas de ovos por sistema radicular, atribuindo-se notas para cada característica. Para o número de galhas no sistema radicular, utilizou-se um escala de notas que variou de 1 a 5 sendo: a nota 1 atribuída a sistema radicular com número de galhas menor ou igual a 20; a nota 2 atribuída a

sistema radicular com número de galhas maior que 20 e menor ou igual a 40; a nota 3 atribuída a sistema radicular com número de galhas maior que 40 e menor ou igual a 60; a nota 4 atribuída a sistema radicular com número de galhas maior que 60 e menor ou igual a 80 e a nota 5 atribuída a um sistema radicular com um número de galhas maior que 80.

Para o número de massas de ovos no sistema radicular, utilizou-se também uma escala de notas que variou de 1 a 5 sendo: a nota 1 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos menor ou igual a 10; a nota 2 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 10 e menor ou igual a 20; a nota 3 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 20 e menor ou igual a 30; a nota 4 atribuída a sistema radicular com número de massas de ovos maior que 30 e menor ou igual a 40 e a nota 5 atribuída a um sistema radicular com número de massas de ovos superior a 40. Desta forma a nota um caracterizava plantas com maior resistência, enquanto a nota cinco caracterizava plantas com maior suscetibilidade.

Para a avaliação das famílias, estabeleceu-se um ponto de truncagem. Este ponto foi estabelecido levando-se em conta a nota acima da qual se encontrava a maior frequência de plantas da cultivar suscetível (Regina 71) e abaixo do qual se encontrava a maior frequência de plantas da cultivar resistente (Salinas 88). Em todas as famílias, foi avaliada a frequência de plantas com sintomas, abaixo e acima deste ponto de truncagem.

As plantas de cada família e de cada parental foram divididas em duas classes: a primeira foi representada pelas plantas com nota para número de galhas acima do ponto de truncagem e a segunda foi representada pelas plantas com nota para número de galhas abaixo ou iguais ao ponto de truncagem. A frequência de plantas para cada classe de cada família foi comparada com a frequência de plantas para cada classe dos parentais, através do teste de χ^2 ($\alpha=0,05$). A família foi considerada homozigota resistente quando o teste

apresentou resultado não significativo relativo à ‘Salinas 88’ e significativo relativo à ‘Regina 71’. O contrário indicou que a família era homozigota suscetível. A família segregante foi caracterizada pela significância do χ^2 tanto para ‘Salinas 88’ como para ‘Regina 71’. Apenas famílias consideradas resistentes para as duas características foram selecionadas como sendo homozigotas resistentes a *M. incognita* raça 1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se na frequência de plantas para cada nota para número de galhas, relativa a cada um dos parentais, foi escolhido, como ponto de truncagem, a nota 2 (Figura 1), critério semelhante ao empregado por FIORINI et al. (2004) e GOMES et al. (1999), a partir de plantas oriundas do cruzamento entre as cultivares Regina 71 e Grand Rapids. A cultivar Regina 71 apresentou 37 plantas com nota acima do ponto de truncagem para nota para número de galhas, enquanto a cultivar Salinas 88 apresentou apenas 4. Por outro lado, ‘Salinas 88’ apresentou 36 plantas abaixo do ponto de truncagem, enquanto a cultivar Regina 71 não apresentou nenhuma (Figura 1). Similarmente para nota para número de massas de ovos foi escolhido como ponto de truncagem a nota 2. A cultivar Regina 71 apresentou 34 plantas com nota acima do ponto de truncagem para nota para número de massas de ovos, enquanto a cultivar Salinas 88 apresentou apenas uma. Por outro lado, esta cultivar apresentou 38 plantas abaixo do ponto de truncagem e a cultivar Regina 71 apresentou 3 (Figura 2). O aparecimento de algumas plantas com fenótipos semelhantes em cultivares contrastantes para o caráter, pode ser explicado pela expressividade variável do gene, já observada a partir do cruzamento entre as cultivares de alface Regina 71 e Grand Rapids (GOMES, 1999) e, também, entre ‘Regina 71’ e ‘Salinas 88’ (ver Artigo 1).

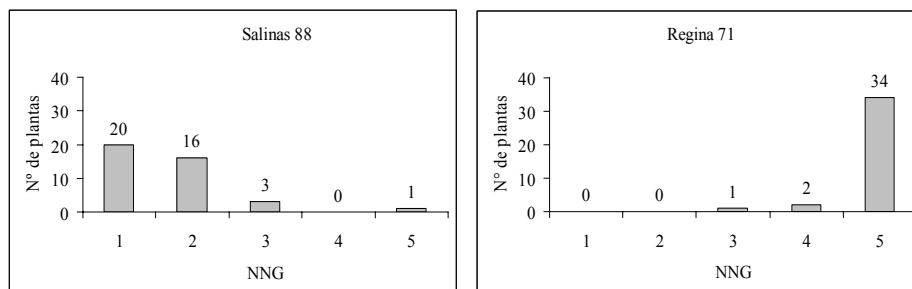


Figura 1. Distribuição de freqüência de notas para número de galhas nas raízes (NNG) em plantas de alface dos cultivares Regina 71 e Salinas 88, infectadas por *Meloidogyne incognita* raça 1. UFLA, Lavras, MG, 2006.

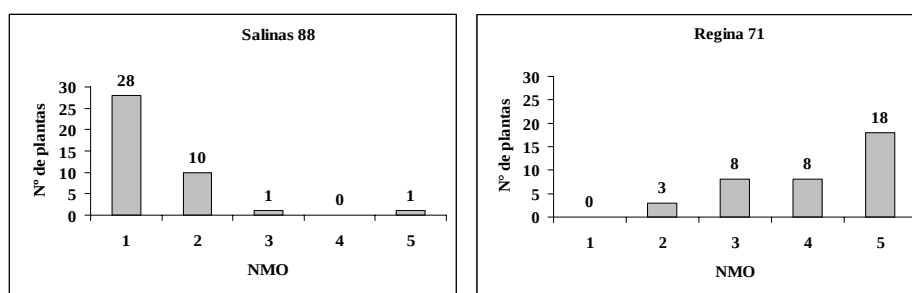


Figura 2. Distribuição de freqüência de notas para número de massas de ovos nas raízes (NMO) em plantas de alface dos cultivares Regina 71 e Salinas 88, infectadas por *Meloidogyne incognita* raça 1. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Estes resultados demonstraram que as cultivares Regina 71 e Salinas 88 encontram-se representadas por plantas que apresentam, em sua maioria, notas com valores extremos distintos, confirmando, respectivamente, a suscetibilidade (maior número de plantas com nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos ≥ 3) e a resistência (maior número de plantas com nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos ≤ 2) destas cultivares.

Quanto às 22 famílias F_4 avaliadas, observou-se, tanto entre quanto dentro das famílias, uma variação na freqüência de plantas para cada nota relativa à nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos

(NMO), por sistema radicular. Considerando a nota para número de galhas, para notas abaixo ou iguais a dois, a frequência variou de 7 plantas na família AFX 005B-016-02 até 40 na família AFX 005B-124-04. Para notas maiores ou iguais a três, a frequência variou de 0, nas famílias AFX 005B-013-04, AFX 005B-121-02 e AFX 005B-124-04, até 32, na família AFX 005B-016-02 (Tabela 1). Considerando nota para número de massas de ovos, para notas abaixo ou iguais a dois, a frequência variou de 17, na família AFX 005B-043-02, até 40, nas famílias AFX 005B-072-02 e AFX 005B-124-04. Para notas maiores ou iguais a três, a frequência variou de 0, nas famílias AFX 005B-013-04, AFX 005-072-02, AFX 005B-121-01 e AFX 005B-124-04, até 27, na família AFX 005B-016-02 (Tabela 2).

De acordo com o teste de χ^2 , das 22 famílias avaliadas para o caráter nota para número de galhas, 13 famílias (AFX 005B-13-01, AFX 005B-13-03, AFX 005B-43-01, AFX 005B-72-02, AFX 005B-106-02, AFX 005B-114-01, AFX 005B-189-01, AFX 005B-121-01, AFX 005B-121-02, AFX 005B-124-01, AFX 005B-124-03, AFX 005B-124-06 e AFX 005B-273-02) foram consideradas presumivelmente homozigotas para os genes que conferem resistência a *M. incognita* raça 1, por não diferirem significativamente da cultivar Salinas 88 e diferirem significativamente da cultivar Regina 71. As outras sete famílias (AFX 005B-13-02, AFX 005B-16-02, AFX 005B-16-03, AFX 005B-43-02, AFX 005B-76-02, AFX 005B-106-01 e AFX 005B-183-01) foram identificadas como segregantes, por diferirem significativamente de ambas as cultivares parentais (Tabela 1). Além destas, as famílias AFX 005B-13-04 e AFX 005B-124-04, apesar de também diferirem significativamente de ambos os parentais, podem ser consideradas homozigotas resistentes, pois, a sua diferença em relação à cultivar Salinas 88 deveu-se ao fato destas famílias não terem apresentado nenhuma planta com nota maior ou igual a três, enquanto a cultivar Salinas 88 apresentou quatro, dentre as 40 plantas avaliadas.

TABELA 1. Distribuições de frequência de notas para número de galhas nas raízes (NNG) de plantas das cultivares Regina 71 e Salinas 88 e de 22 famílias F₄ de alface, e significância do teste de qui-quadrado (χ^2) para comparação das famílias com seus genitores. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Tratamentos	Frequência de plantas para cada nota					Frequência de plantas para cada classe		Valores de χ^2 em relação a	
	1	2	3	4	5	≤ 2	≥ 3	Regina 71	Salinas 88
Regina 71	0	0	1	2	34	0	37		
Salinas 88	20	16	3	0	1	36	4		
AFX 005B-013-01	18	16	1	0	0	34	1	68,10 *	1,53 ^{ns}
AFX 005B-013-02	12	11	6	9	2	23	17	30,34 *	10,91 *
AFX 005B-013-03	16	15	5	1	2	31	8	49,67 *	1,69 ^{ns}
AFX 005B-013-04	32	7	0	0	0	39	0	76,00 *	4,11 *
AFX 005B-016-02	0	7	8	11	13	7	32	7,31 *	41,33 *
AFX 005B-016-03	3	18	9	5	5	21	19	26,71 *	13,73 *
AFX 005B-043-01	12	21	6	0	0	33	6	55,33 *	0,52 ^{ns}
AFX 005B-043-02	1	7	22	7	1	8	30	8,72 *	37,67 *
AFX 005B-072-02	23	16	1	0	0	39	1	73,10 *	1,92 ^{ns}
AFX 005B-076-02	16	8	13	3	0	24	16	32,25 *	9,60 *
AFX 005B-106-01	9	14	7	4	0	23	11	37,02 *	5,68 *
AFX 005B-106-02	18	15	5	1	0	33	6	55,33 *	0,52 ^{ns}
AFX 005B-114-01	26	4	9	0	0	30	9	47,02 *	2,46 ^{ns}
AFX 005B-121-01	20	18	1	0	0	38	1	72,10 *	1,84 ^{ns}
AFX 005B-121-02	16	15	0	0	0	31	0	68,00 *	3,29 ^{ns}
AFX 005B-124-01	29	7	1	2	0	36	3	64,89 *	0,13 ^{ns}
AFX 005B-124-03	11	19	10	0	0	30	10	45,46 *	3,12 ^{ns}
AFX 005B-124-04	27	13	0	0	0	40	0	77,00 *	4,21 *
AFX 005B-124-06	24	11	3	1	0	35	4	61,55 *	0,01 ^{ns}
AFX 005B-183-01	6	8	13	8	3	14	24	16,76 *	23,93 *
AFX 005B-189-01	18	12	7	3	0	30	10	45,46 *	3,12 ^{ns}
AFX 005B-273-02	17	14	2	0	0	31	2	62,39 *	0,37 ^{ns}

*Teste de qui-quadrado, a de 5% de probabilidade.

TABELA 2. Distribuições de freqüência de notas para número de massa de ovos nas raízes (NMO) de plantas das cultivares Regina 71 e Salinas 88 e de 22 famílias F₄ de alface, e significância do teste de qui-quadrado (χ^2) para comparação das famílias com seus genitores. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Tratamentos	Freqüência de plantas para cada nota				Freqüência de plantas para cada classe			Valores de χ^2 em relação a	
	1	2	3	4	5	≤ 2	≥ 3	Regina 71	Salinas 88
Regina 71	0	3	8	8	18	3	34		
Salinas 88	28	10	1	0	1	38	2		
AFX 005B-013-01	22	12	1	0	0	34	1	57,08 *	0,22 ^{ns}
AFX 005B-013-02	14	11	7	6	2	25	15	24,57 *	12,62 *
AFX 005B-013-03	22	13	2	2	0	35	4	50,61 *	0,78 ^{ns}
AFX 005B-013-04	39	0	0	0	0	39	0	64,85 *	2,00 ^{ns}
AFX 005B-016-02	2	10	14	5	8	12	27	6,15 *	35,06 *
AFX 005B-016-03	5	13	17	4	1	18	22	13,19 *	23,81 *
AFX 005B-043-01	28	8	3	0	0	36	3	53,88 *	0,24 ^{ns}
AFX 005B-043-02	2	15	10	9	2	17	21	12,86 *	23,68 *
AFX 005B-072-02	37	3	0	0	0	40	0	65,82 *	2,05 ^{ns}
AFX 005B-076-02	21	5	9	2	3	26	14	26,50 *	11,25 *
AFX 005B-106-01	13	5	11	5	0	18	16	17,10 *	17,66 *
AFX 005B-106-02	15	13	8	3	0	28	11	31,89 *	7,73 *
AFX 005B-114-01	26	4	8	1	0	30	9	36,60 *	5,38 *
AFX 005B-121-01	29	10	0	0	0	39	0	64,85 *	2,00 ^{ns}
AFX 005B-121-02	27	3	1	0	0	30	1	53,09 *	0,14 ^{ns}
AFX 005B-124-01	27	5	7	0	0	32	7	41,79 *	3,28 ^{ns}
AFX 005B-124-03	15	13	10	2	0	28	12	30,61 *	8,66 *
AFX 005B-124-04	33	7	0	0	0	40	0	65,82 *	2,05 ^{ns}
AFX 005B-124-06	27	10	2	0	0	37	2	57,33 *	0,00 ^{ns}
AFX 005B-183-01	8	13	8	6	3	21	17	19,16 *	16,70 *
AFX 005B-189-01	22	14	4	0	0	36	4	51,57 *	0,72 ^{ns}
AFX 005B-273-02	18	11	4	0	0	29	4	44,73 *	1,22 ^{ns}

*Teste de qui-quadrado a nível de 5% de probabilidade.

Para o caráter nota para número de massas de ovos, 12 famílias (AFX 005B-13-01, AFX 005B-13-03, AFX 005B-13-04, AFX 005B-43-01, AFX 005B-72-02, AFX 005B-121-01, AFX 005B-121-02, AFX 005B-124-01, AFX 005B-124-04, AFX 005B-124-06, AFX 005B-189-01, e AFX 005B-273-02) foram consideradas homozigotas resistentes para o gene que confere resistência a *M. incognita* por não diferirem significativamente da cultivar Salinas 88 diferirem da cultivar Regina 71. As outras 10 famílias (AFX 005B-13-02, AFX 005B-16-02, AFX 005B-16-03, AFX 005B-43-02, AFX 005B-76-02, AFX 005B-106-01, AFX 005B-106-02, AFX 005B-114-01, AFX 005B-124-03 e AFX 005B-183-01) foram identificadas como segregantes (Tabela 2).

Assim, 12 famílias foram identificadas inequivocamente como homozigotas resistentes a *M. incognita* raça 1, mediante a coincidência dos resultados para os dois critérios de avaliação utilizados.

Como já havia sido feita uma seleção para resistência ao nematóide em F₃, a alta frequência de famílias homozigotas resistentes era esperado, em virtude de ser um gene maior controlando o caráter. Por outro lado, a existência de pelo menos duas famílias (AFX 005B-13-04 e AFX 005B-124-04) com níveis significativamente maiores que a própria ‘Salinas 88’, confirma a ação presumida de polígenes modificadores da expressão da resistência conferida pelo gene maior (ver Artigo 1).

FIORINI (2004) obteve resultados semelhantes ao trabalhar com famílias derivadas do cruzamento inicial entre as cultivares Grand Rapids e Regina 71, as quais tiveram um retrocruzamento para ‘Verônica’. No seu trabalho, também não obteve nenhuma família homozigota suscetível, porém, o número de famílias homozigotas resistentes foi relativamente menor do que o apresentado neste trabalho. Provavelmente, isso se deve ao fato de ter sido feito o retrocruzamento com a cultivar Verônica, a qual apresenta suscetibilidade aos nematóides das galhas.

As 12 famílias caracterizadas como homozigotas resistentes, tanto para o caráter nota para número de galhas quanto para nota para número de massas de ovos, poderão vir a originar novas linhagens de alface de folhas lisas, resistentes a *M. incognita* raça 1, as quais poderão ser utilizadas como novas fontes de resistência ao patógeno, ou mesmo vir a constituir novas cultivares.

6 CONCLUSÕES

1. Foi possível selecionar pelo menos 12 famílias homozigotas resistentes ao *M. incognita* raça 1, de acordo com as características nota para número de galhas e nota para número de massas de ovos.
2. A coincidência de famílias caracterizadas como homozigotas resistentes, tanto para nota para número de galhas quanto para nota para número de massas de ovos, indica que as características se equivalem na seleção de plantas para resistência ao nematóide das galhas.
3. O grande número de famílias caracterizadas como homozigotas resistentes corrobora a hipótese de um gene maior controlando o caráter; por outro lado a identificação de duas linhagens com níveis de resistência ligeiramente superior a ‘Salinas 88’ indica, também, a presença de poligenes, com efeito menores, afetando a expressão do caráter.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2006 - Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2004. p. 147.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.6, n.3, p.553, 1981.

CAMPOS, V. P. **Manejo de doenças causadas por fitonematóides**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 124 p. (Textos Acadêmicos).

CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematóides em alcachofra, alface, chicória, morango e quiabo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 182, p. 21-28, 1985.

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p. 125-158.

CARDOSO JÚNIOR, C.; GOMES, L. A. A.; FERREIRA, R. de P. D.; WESTERICH, J. N.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P.; LICURSI, V. Tolerância aos nematóides das galhas em uma população F₃ de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., 2005, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SOB, 2005. v. 23. p.1-4. Suplemento 2. 1CD-ROOM.

CHARCHAR, J. M.; MOITA, A. W. Reação de cultivares de alface à infecção por mistura populacionais de *Meloidogyne incognita* em condições de campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 185-189, nov. 1996.

FERREIRA, S.; GOMES, L. A. A.; WESTERICH, J. N.; MAGRO, F. de O.; CARVALHO FILHO, J. L. S. de; TEIXEIRA, D. F.; GOMES, A. R. do V. A. Reação de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. **Horticultura Brasileira**, Fortaleza, CE, v. 23, n. 2, 2005. Suplemento 2. 1CD-ROOM. Trabalho apresentado no 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005.

FIORINI, C. V. A.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; FIORINI, I. V. A.; DUARTE, R. de P. F.; LICURSI, V. Avaliação de populações F₂ de alface

quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 299-302, abr. /jun. 2005.

GOMES, L. A. A. **Herança da resistência da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids ao nematóide de galhas (*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood**. 1999. 70 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; FREITAS, J. A.; LICURSI, V. Reação de cultivares de alface a infecção por *Meloidogyne javanica*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 99, maio 2002.

GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Inheritance of the resistance reaction of the lettuce cultivar 'Grand Rapids' to the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Euphytica**, Wageningen, v. 114, n. 1, p. 34-46, 2000.

GOMES, L. A. A.; MENDES, W. P.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; FREITAS, J. A.; MORETTO, P. Resistência de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita* (raças 1, 2 e 3). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., 1997, Manaus. **Anais...** Manaus: SOB, 1997.

GROGAN, R. G. Control of lettuce mosaic with virus-free seed. **Plant Disease**, St. Paul, v.64, n. 4, p. 446-449, Apr. 1980.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. **Plant Disease Report**, St. Paul, v. 57, n. 12, p. 1025-1028, Dec. 1973.

JENSEN, H. J. Nematode pests of vegetable and related crops. In: WEBSTER, J. M. (Ed.). **Economic nematology**. London: Academic Press, 1972. Cap. 16, p. 377-408.

MALUF, L. E. J.; OKADA, A. T.; GOMES, L. A. A.; FIORINI, C. V. A.; MALUF, W. R.; LICURSI, V. Reação de cultivares de alface à infecção por *Meloidogyne incognita*. **Horticultura Brasileira**, Recife, PE, v. 21, n. 2, 2003. Suplemento 2. 1CD-ROOM. Trabalho apresentado no 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003.

MALUF, W. R. Resistência a nematóides das galhas *Meloidogyne spp.* em espécies olerícolas. In: ZAMBOLIN, L.; RIBEIRO-DO-VALE, F. X. (Ed.). **Resistência de plantas a doenças. Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 57-63, ago. 1997. Congresso Brasileiro de Fitopatologia.

MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; GOMES, L. A. A.; OLIVEIRA, A. G. B. de. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 1, p. 64-71, 2002.

MENDES, W. P. **Hospetabilidade e resistência de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) aos nematóides das galhas (1, 3 e 4) e *Meloidogyne javanica***. 1998. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROCHA, F. da S.; MUNIZ, M. de F. S.; CAMPOS, V. P. Coloração de fitonematóides com corantes usados na indústria alimentícia brasileira. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 293-297, 2005.

SANTOS, H.S. **Efeito de sistemas de manejo do solo e de métodos de plantio na produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em abrigo com solo naturalmente infestado com *Meloidogyne javanica***. 1995. 88f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

STANGARLIN, O. S. **Variabilidade de vírus do mosaico da alface e comportamento de cultivares tolerantes de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1997. 72 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

WESTERICH, J. N.; FERREIRA, R. de P. D.; GOMES, L. A. A. et al. Reação de plantas F₂ de alface de folhas lisas ao vírus do mosaico da alface (LMV). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., 2005, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SOB, 2005. v. 23. p.1-4. Suplemento 2. 1CD-ROOM.

8 AGRADECIMENTOS

À Fapemig, CNPq, Faepe UFLA e HortiAgro Sementes Ltda.