



MARIA ROSA COSTA DE OLIVEIRA

ESTUDO DA HERANÇA E DESCRIÇÃO DE UM MUTANTE
PARA COLORAÇÃO DE FRUTOS NO TOMATEIRO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1993

[REDACTED]

Assinado
[Signature]
[Name]

MARIA ROSA COSTA DE OLIVEIRA

ESTUDO DA HERANÇA E DESCRIÇÃO DE UM MUTANTE
PARA COLORAÇÃO DE FRUTOS NO TOMATEIRO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

[REDACTED]

Trabalho apresentado à Escola Superior de Agricultura de Lavras em cumprimento das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia para o curso de Mestrado em Agronomia. Lavras, 1983.

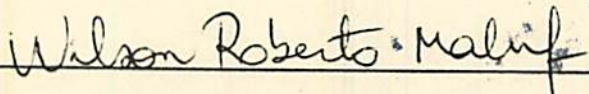


ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

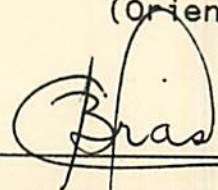
1983

ESTUDO DA HERANÇA E DESCRIÇÃO DE UM
MUTANTE PARA COLORAÇÃO DE
FRUTOS NO TOMATEIRO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

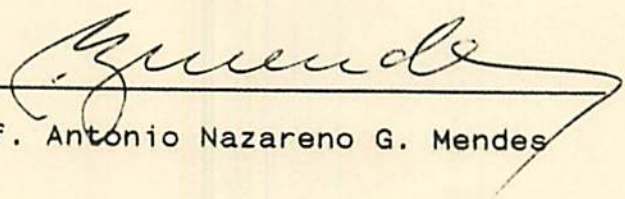
APROVADA EM: 22 de julho de 1993



Prof. Wilson Roberto Maluf
(Orientador)



Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto



Prof. Antonio Nazareno G. Mendes

À Deus,

Aos meus pais, José Costa e Terezinha, que
com amor, nunca mediram esforços para me
proporcionar uma boa educação e formação.

Aos meus padrinhos Raimundo e Maria Auxiliadora.

Aos meus irmãos, Daniel, Leina, Zilda e Lúcia.

Aos meus sobrinhos.

Ao Haroldo e Thayná.

Aos amigos.

DEDICO

BIOGRAFIA

Maria Rosa Costa de Oliveira, filha de José Jorge da Costa e Terezinha de Jesus Travassos da Rosa Costa, nasceu em Belém, Estado do Pará, aos 21 de fevereiro de 1964.

Em julho de 1986, graduou-se em Engenharia Agrônoma, pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém-PA. Em agosto de 1987, foi contratada como pesquisadora, pela EMBRAPA, na Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual - UEPAE de Rio Branco, hoje Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre.

Em março de 1991, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, em Minas Gerais, concluindo-o em julho de 1993.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que vivi e aprendi.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade oferecida para realização do curso de Mestrado.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, pelos ensinamentos e oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao professor Wilson Roberto Maluf pela orientação, disponibilidade dentro e fora da Escola e amizade.

Aos professores César Augusto Brasil Pereira Pinto e Antônio Nazareno Guimarães Mendes (EPAMIG), pelas revisões críticas e objetivas para melhorar este trabalho.

Aos professores do Departamento de Biologia pelos ensinamentos transmitidos e amizade.

À professora Maria Isabel Fernandes Chitarra, pela concessão do laboratório de Ciência dos Alimentos, para realização de atividades.

À EPAMIG, pela liberação do espectrofotômetro.

Aos amigos do curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Elaine Aparecida de Souza e Eduardo

Bearzoti, pelas valiosas contribuições à realização deste trabalho.

Aos amigos do curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Nair, Éder, Ronan, Walter, Joaquim, Marcelo Tavares, Daniel, Marcelo, Valéria, Elaine, Elias, Eduardo, Leonardo, Sérgio, Beni, Otoniel, Cláudio, Luciana, Bruno, Guilherme, Paulo Roberto, Paulo Gonçalves, Francisco Farias, Zé Sérgio, Andreia, Fernando, Dehon, João Acácio, Wilma, Maria Izabel, Osvaldo, Erich, pelo convívio e amizade.

Aos amigos Elias e Elaine, que começamos juntos, por nossas horas de lutas e vitórias.

À minha grande amiga Edilene A. Costa e família, pelo apoio e carinho que me dedicaram.

À Nirlei Junqueira e família pelo incentivo, apoio e amizade.

À Haroldo José Neto de Oliveira e Thayná Costa de Oliveira porque no mérito de minhas conquistas há muito de suas presenças, pois seu amor, estímulo e carinho foram as armas desta vitória.

À TECLA, em especial à Gabriela, pelos serviços datilográficos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela colaboração.

Aos funcionários da Biblioteca da ESAL, pelo atendimento e correção das referências bibliográficas.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Centro de origem e domesticação do tomate	3
2.2. Causas, ocorrência e importância das mutações	6
2.3. Pigmentação de frutos	11
2.4. Síntese de clorofila	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Mutante utilizado	18
3.2. Experimentos	18
3.3. Localidade	19
3.4. Estudo da herança	19
3.4.1. Cultivares	19
3.4.2. Obtenção da população segregante	20
3.4.3. Instalação e tratos culturais do ensaio no campo	20
3.4.4. Obtenção e análise dos dados	21

3.5. Descrição do mutante	22
3.5.1. Extração de pigmentos nos frutos	23
3.5.2. Análise da concentração de clorofila nos tecidos foliares	23
3.5.3. Análise dos dados	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Estudo da herança	26
4.2. Pigmentação de frutos	27
4.3. Pigmentação das folhas	33
5. CONCLUSÕES	38
6. RESUMO	39
7. SUMMARY	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Frequência observada para coloração de frutos de tomateiro na fase imatura em duas cultivares, seus cruzamentos e gerações segregantes. ESAL, Lavras, 1992	27
2	Resumo da análise de variância do experimento dos genótipos $P_1(G_1)$, $P_2(G_2)$, $F_1(G_3)$ e $F_1(G_4)$, para as variáveis clorofila (c), β -caroteno (βc) e Licopeno (L) em frutos de tomateiro. ESAL, Lavras, 1992	28
3	Resumo da análise de variância do experimento dos genótipos $P_1(G_1)$, $P_2(G_2)$, $F_1(G_3)$ e $F_1(G_4)$ para as variáveis clorofila total (CT), clorofila a (CA) e clorofila b (CB) em folhas de tomateiro. ESAL, Lavras, 1992.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Concentração de clorofila (unidades/grama peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992	30
2	Concentração de β -caroteno (unidades/grama peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992	31
3	Concentração de licopeno (unidades/grama peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992	32

Figura

Página

- 4 Concentração de clorofila total (mg/grama peso fresco) em folhas de tomateiro colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992 35
- 5 Concentração de clorofila a (mg/g peso fresco) em folhas de tomateiro colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992 36
- 6 Concentração de clorofila b (mg/g peso fresco) em folhas de tomateiro colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C) e F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992 37

1. INTRODUÇÃO

A demanda e aceitação do tomate "in natura" é amplamente baseada no seu valor nutricional, sabor, aroma, e características tais como coloração e textura. Estes critérios de qualidade dependem basicamente da estrutura e composição química do fruto (DALAL, 1965). Este mesmo autor cita que a natureza e extensão de mudanças fisiológicas e químicas no desenvolvimento de frutos de outros vegetais têm sido discutidas por muitos pesquisadores, embora no tomate informações neste sentido sejam escassas.

Frutos com maturação não usual têm grande potencial para desenvolver novas cultivares de tomate com melhor qualidade e maior vida de estocagem. O uso deste potencial depende da habilidade do melhorista em prover frutos com sabor e pigmentação com grande aceitação pelos consumidores (KOPELIOVITCH et alii, 1982). Em termos de maturação, mutantes usualmente causam mudanças na textura, coloração de frutos e vida de estocagem (CALBO, 1981) e podem ser muito importantes para o melhoramento genético do tomateiro no Brasil.

Desde 1960 vários genes mutantes têm sido estudados, destacando-se os mutantes *rin* e *nor* e seus híbridos com cultivares co-

merciais, pelo longo período de conservação (GRAZZIN et alii, 1979). Esses mutantes afetam o processo de maturação dos frutos, inibindo a síntese da poligalacturonase (enzima envolvida no processo de maturação), a produção de etileno endógeno, o processo de respiração dos frutos e a firmeza, além dos frutos apresentarem um padrão anormal para a degradação da clorofila e síntese de carotenóides.

É importante salientar que, direta ou indiretamente, as características morfológicas e fisiológicas dos frutos são afetadas pelas técnicas culturais e fatores ambientais a que são submetidas as plantas (PANTASTICO, 1977).

Este trabalho teve como objetivos:

- 1) estudar a herança de uma mutação espontânea na cultura do tomate, que afeta a pigmentação dos frutos e os torna de coloração amarelo pálida na fase imatura,
- 2) descrever fenotipicamente o mutante quanto aos aspectos da planta e do fruto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Centro de origem e domesticação do tomate

Entre as hortaliças, o tomate é uma das mais difundidas no mundo e objeto de uma ampla industrialização agrícola (RICK, 1978). As perspectivas de evolução da cultura são promissoras não somente pelo aumento de demanda do produto "in natura" quanto na sua industrialização. É originário do centro de origem Sul-Americano, mais precisamente no Equador e norte do Chile (JENKINS, 1948) e, provavelmente também as Ilhas Galápagos (RICK, 1967).

A forma ancestral do tomate cultivado é, provavelmente *L. cerasiforme* (RICK, 1958) e autores como De Candolle, Müller, Luckwell e outros concordam com essa teoria. Eles baseiam-se no fato de o tamanho e a forma dos frutos de *L. cerasiforme* serem intermediários entre a forma selvagem e a do tomate cultivado. Além da contribuição de *L. cerasiforme*, o tomateiro cultivado proveio ainda de hibridações com *L. pimpinellifolium*, tese esta defendida por JENKINS (1948). Evidências do trabalho de RICK (1974) mostram que qualquer que seja a geografia da distribuição do tomate, o seu ancestral imediato foi provavelmente a variedade *L.*

cerasiforme que apresenta uma maior semelhança genética com o tomate cultivado que o outro único provável ancestral, *Lycopersicon pimpinellifolium*.

O centro de domesticação do tomate cultivado foi o México há séculos atrás (RICK & BUTLER, 1956 e MONACO, 1964). Para JENKINS (1948) o tomate foi levado do Peru para a Europa pouco depois de 1535. Outros autores acham que foi do México, antes de 1544 (RICK & BUTLER, 1956).

Uma comparação das variantes enzimáticas hereditárias revelam uma similaridade maior entre as antigas variedades domésticas européias com os tomates silvestres do México e América Central do que entre as variedades domésticas européias e as plantas primitivas da região andina (RICK, 1978).

Existem pelo menos nove espécies pertencentes ao gênero *Lycopersicon* reconhecidas taxonomicamente apesar de que o consumo está praticamente limitado às variedades domésticas de *L. esculentum*, em menor quantidade os frutos da variedade silvestre *cerasiforme* e da espécie *L. pimpinellifolium* (RICK, 1978).

O tomate é um clássico exemplo de planta cultivada na qual até o meio do século, as fontes de germoplasma demonstraram-se inadequadas para melhoramentos significativos e maiores avanços na pesquisa genética básica (RICK, 1983). Esta condição foi provavelmente devido à genealogia do tomate, à evolução de seus ancestrais selvagens, domesticação e à história dos primeiros melhoramentos.

Por ser uma planta autógama, as migrações ocorridas

durante a domesticação indubitavelmente ocorreram em pequenas populações, sujeitas a várias forças de seleção e com a conseqüente redução na variabilidade genética.

Muitas perdas foram resultado da seleção ocorrida durante a domesticação, transporte para o Velho Mundo e melhoramento, onde o material domesticado serviu como única fonte de germoplasma até o presente século (RICK, 1983). Este esgotamento de recursos genéticos é manifestado na redução extrema da variabilidade enzimática e conseqüente dificuldade para melhoristas em encontrar genes essenciais para os melhoramentos desejados (RICK, 1983).

As cultivares européias e americanas, que derivaram quase que totalmente das primeiras introduções do Novo Mundo, são excessivamente homogêneas e os pequenos desvios do genótipo parecem representar ou o surgimento de um novo genótipo por mutação ou uma linhagem derivada do oeste da América do Sul (RICK, 1971, 1972). Este mesmo autor cita que as duas primeiras fontes de amplificação de variabilidade que foram utilizadas para corrigir esta situação foram mutação e introgressão de materiais exóticos.

Mutações espontâneas têm sido sempre uma fonte útil de variação em tomate. Elas fornecem os marcadores para estudos de genética e provêm variantes úteis para melhoristas, como o importante alelo sp que determina hábito de crescimento determinado (RICK, 1945), quando em homozigose.

2.2. Causas, ocorrência e importância das mutações

O botânico holandês Hugo de Vries usou o termo mutação pela primeira vez na virada deste século, embora Darwin primeiramente tenha percebido que "espécies foram produtos mutáveis". Similarmente Linneu noticiou um número de mutações que complicaram seu sistema de nomenclatura e classificação, mas até aquele momento a natureza deste fenômeno não havia sido entendida. De Vries noticiou mudanças morfológicas em *Oenothera lamarckiana* Ser. e chamou-as de "mutações"; entretanto, essas mudanças não eram do tipo a que comumente nos referimos como mutações de ponto.

Em 1904, De Vries teve a previsão de sugerir o uso de radiação para induzir mutações (STEBBINS, 1970).

A mutação é um fenômeno fundamental dentro da biologia e da genética. Corresponde a uma variação descontínua, definida como uma mudança em uma ou várias características morfológicas e fisiológicas de uma espécie, que aparece de forma súbita em um pequeno número de indivíduos que, em geral, a transmitem à descendência (LOMA, 1970).

Segundo ALLARD (1960) as recombinações mendelianas resultantes da hibridação entre tipos portadores de diferentes mutações promovem diversidade adicional entre os indivíduos possibilitando a ação da seleção natural e artificial.

RAMALHO et alii (1990) comentam que mutações são mudanças herdáveis que representam as bases genéticas da variação, servindo como matéria-prima aos processos de melhoramento genético e

evolução.

SIGURBJÖRNSSON (1977) enfatiza que a variabilidade causada pela mutação induzida não é essencialmente diferente da variabilidade causada pela mutação espontânea durante a evolução. D'AMATO (1977) sugere que as mutações espontâneas são derivadas de fatores intrínsecos e extrínsecos do organismo. Dentre os fatores intrínsecos estariam a constituição genética e condições fisiológicas e dentre os fatores extrínsecos, estariam as radiações naturais, temperatura e outros.

SINNOTT et alii (1961) enfatizam que se durante o método usual de duplicação do DNA ocorrer uma seqüência de bases trocada, isto representa em termos moleculares uma mutação.

STAHL (1929) sugere que as mutações podem se originar ou de um erro durante a duplicação do DNA ou como resultado de uma alteração química da molécula de ácido nucleico, anterior à duplicação.

Usada no seu amplo sentido histórico, a mutação se refere a qualquer modificação súbita e hereditária no genótipo de um organismo não explicável pela recombinação da variabilidade genética pré-existente. Essas modificações genotípicas incluem mudanças no número cromossômico, mudanças grosseiras na estrutura dos cromossomos e mudanças nos genes individuais (GARDNER et alii, 1986). Os padrões vistos em plantas e animais resultam da interação entre o ambiente, mutações e suas recombinações (SIGURBJÖRNSSON, 1977).

As mutações espontâneas são aquelas que ocorrem com ou

sem uma causa conhecida. Elas podem ser verdadeiramente espontâneas, resultantes de um baixo nível de erros metabólicos herdados, isto é, erros durante a replicação do DNA, ou podem ser normalmente causadas por agentes mutagênicos presentes no ambiente. Operacionalmente, é impossível provar que uma determinada mutação ocorreu espontaneamente ou que uma mutação específica foi induzida por um agente mutagênico. Portanto, muitas, senão a maioria das mutações aparentemente "espontâneas" podem normalmente ser induzidas por agentes físicos ou químicos (GARDNER, 1986).

A taxa de mutação espontânea é muito baixa. Por exemplo, entre dez mil plântulas de cevada pode-se esperar que duas não sejam normalmente verdes tendo uma mutação espontânea afetando sua clorofila. A taxa de mutação varia porque alguns genes mutam mais freqüentemente que outros (SIGURBJÖRNSSON, 1971).

Em geral, mutações induzidas oferecem menor probabilidade de melhoramento para espécies alógamas do que para as autógamas. Isto ocorre parcialmente pela dificuldade de seleção, incorporação e manutenção de mutações recessivas em populações alógamas, nas quais há mais dificuldade no manuseio da variabilidade existente do que carência de variabilidade per se. Quando existe a falta de variabilidade para uma característica específica de herança simples, os fundamentos para a escolha de mutações induzidas ou hibridizações são os mesmos para as espécies alógamas e autógamas (BROCK, 1980).

As mutações podem ser recessivas ou dominantes. Em organismos haplóides tanto as mutações recessivas como as

dominantes podem ser reconhecidas por seus efeitos no fenótipo do organismo no qual elas se originaram. Nos organismos diplóides ou poliplóides, as mutações recessivas só serão reconhecidas quando estiverem presentes na condição homozigota (GARDNER, 1986). Este mesmo autor cita que a maioria das milhares de mutações identificadas e estudadas pelos geneticistas é deletéria e recessiva.

De acordo com SIGURBJÖRNSON (1977) o melhoramento genético por mutação é particularmente útil quando se deseja melhorar um ou dois caracteres facilmente identificáveis em uma variedade já bem adaptada. A decisão entre a utilização do melhoramento genético por mutação ou da clássica técnica de retrocruzamento deve levar em conta os seguintes fatores (ALLARD, 1960): (a) a facilidade de indução da característica desejada e (b) a quantidade de mutações deletérias que surgem, associadas àquela característica específica. Do mesmo modo, BROCK (1977, 1980) afirma que, ao se pensar na utilização de mutação no melhoramento genético de plantas, há que se comparar a probabilidade de sucesso deste método com os métodos convencionais e levar em conta o esforço necessário para obter o genótipo desejado. NILÁN et alii (1977) afirmam que, além de as mutações em sua maioria serem prejudiciais, mesmo as benéficas estão freqüentemente associadas com caracteres deletérios.

Apesar de a maioria das mutações tornarem o organismo menos eficiente e serem portanto desvantajosas, a possibilidade de desenvolver novos fenótipos através de mutações induzidas tem interessado a muitos autores, que têm relatado mutantes induzidos

de cevada, trigo, aveia, soja, tomate e árvores frutíferas que podem melhorar rapidamente as linhagens cultivadas (GARDNER, 1986).

SCARASCIA-MUGNOZZA (1969) entende que, em programa de melhoramento por mutação, só se deve partir de variedades comprovadamente produtivas e com boas características agronômicas.

Segundo RICK (1978), o tomate tem sido tema de estudos genéticos por numerosas razões. Um desses motivos é a variabilidade natural que existe nas espécies. Outras características que aumentam a utilidade do tomate para estudos genéticos são a alta taxa de autopolinização da planta (que conduz a uma pronta expressão das mutações recessivas), a facilidade de hibridações controladas e a falta de duplicação gênica na arquitetura genética do vegetal, além do cultivo da planta não ter nenhuma complexidade, ter o ciclo vital curto e produzir sementes em abundância.

ROBINSON (1954) cita a existência de pelo menos vinte e um mutantes de plântulas descritos em tomate, incluindo quatro novos mutantes espontâneos ocorridos em linhagens nas quais tais variações não haviam sido observadas anteriormente. O mutante dy apareceu espontaneamente na linhagem 220-17-8 de G.C. Hanna. Ele provoca redução do crescimento em todos os estádios de desenvolvimento das plantas, coloração amarelo-esverdeada pálida nos cotilédones e mudanças rápidas na coloração das folhas verdadeiras das plântulas.

Outro mutante foi descrito por G.C. Hanna como ry, observado na linhagem 45-116-4. Os cotilédones são de coloração verde pálida e menores que o normal. As folhas verdadeiras são

mais escuras que o restante da folhagem e o crescimento de plântulas é retardado.

O mutante tf obtido em 1948 na linhagem 5701-9-3-4 de Oved Shiffriss afetou o formato e tamanho de todas as folhas verdadeiras. A planta é geralmente estéril e refratária à hibridação no campo, podendo ser facilmente hibridizada em casa de vegetação. Por último, o mutante dl, descrito previamente e identificado na fase de plântula pela supressão parcial e má formação de um grande número de tricomas (ROBINSON, 1954).

2.3. Pigmentação de frutos

Os três mais freqüentes tipos de pigmentos presentes nos frutos do tomateiro são clorofila, carotenóides e antocianinas (KHUDAIRI, 1972). A cor verde dos frutos imaturos é atribuída à clorofila. Iniciada a maturação, pigmentos amarelos (β caroteno) são produzidos e caracterizam a coloração dos frutos, graças a degradação da clorofila. Subseqüentemente, um acúmulo de licopeno influencia a cor vermelha dos frutos, mesmo com altas concentrações de β -caroteno (MEDINA, 1981).

A mudança de cor nos frutos de tomate é considerada como um indício de colheita (KHUDAIRI, 1972). Ao máximo tamanho segue-se imediata mudança de cor, início da maturação, refletindo a degradação da clorofila que permanece em pequenas quantidades nos tecidos do fruto (LOPES, 1980).

Frutos verdes devem sua coloração às clorofilas *a* e *b* as quais são lipo solúveis e localizadas nas granas e lamelas dos cloroplastos (KHUDAIRI, 1972).

De acordo com ENGEL (1991), um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e conseqüentemente ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes é a clorofila, presente em todos os vegetais verdes.

Durante a mudança de coloração dos frutos e folhas, dois processos estão operando: degradação da clorofila e biossíntese de carotenóides. Mary Spencer (1965), citado por KHUDAIRI (1972), sugeriu que o desenvolvimento de coloração nos frutos é devido a destruição da clorofila e a síntese de outros pigmentos presentes. Porém, KHUDAIRI (1972) enfatiza que no caso do tomate, a mudança de coloração durante o processo de amadurecimento ocorre na seqüência de verde, alaranjado, vermelho alaranjado e vermelho.

Alguns tomates mutantes retêm cerca de quarenta por cento de clorofila *b* durante o amadurecimento e os frutos ficam com tonalidade marron, segundo Ramirez & Tomes (1964), citados por KHUDAIRI (1972).

Os principais componentes dos carotenóides em tomate são o β -caroteno (amarelo) e o licopeno (vermelho), cuja síntese (primeiro a síntese de β -caroteno depois a síntese de licopeno) é acentuada na fase de maturação dos frutos, que apresentam pigmentos amarelos, acentuados pela degradação da clorofila (LAVAL, 1975).

Ainda KHUDAIRI (1972), afirma que os carotenóides são amplamente distribuídos em plantas, animais e microrganismos. Em

plantas superiores eles estão presentes nos plastídeos localizados em raízes (tais como cenoura, batata-doce), nos cloroplastos de folhas verdes e em frutos tais como damasco, banana, tomate e muitos outros.

A cor vermelha dos frutos é considerada como sendo o acúmulo de licopeno, sobrepujando mesmo as altas concentrações de β -caroteno, em todas as partes do fruto (DALAL, 1965).

A biossíntese de carotenóides tem sido extensivamente estudada por pesquisadores tais como Porter & Anderson (1967); Goodwin (1958, 1965) e Bugg et alii (1969), citados por KHUDAIRI (1972).

THOMPSON (1964) cita a coloração como um importante componente e critério de qualidade de frutos contribuindo, significativamente para o grau de aceitação de tomate "in natura" e produtos processados.

A ocorrência simultânea de carotenóides e clorofila em plantas verdes indica um relacionamento comum entre os dois sistemas de pigmentos (BAKER, 1964). A disposição espacial definida de clorofila e carotenóides sugere que este relacionamento aparece durante o desenvolvimento dos cloroplastos (Gramick & Mauzenall, citados por BAKER, 1954). Dois mutantes afetando um ou ambos os sistemas de pigmentos já foram descritos. Um deles é o mutante *hp*, descrito por THOMPSON (1961), que relatou um aumento no conteúdo total de carotenóides, ocasionando folhagem verde escura e frutos imaturos verde escuros.

A variedade Webb Special tem duas vezes mais pigmentos

que os encontrados em variedades normais de tomate (THOMPSON, 1955). A característica mais relevante desta variedade quando comparada ao tomate normal é um aumento marcante na quantidade de carotenóides totais nos frutos e uma coloração verde escura para plantas e frutos imaturos (McCOLLUM, 1956): Os frutos maduros de tomates altamente pigmentados também exibem um aumento marcante de firmeza de polpa (McCOLLUM, 1956). Os múltiplos efeitos da característica de alta pigmentação parece ser condicionada por pelo menos um alelo recessivo hp, o qual pode exercer seu efeito através de pleiotropia ou ligação com outros genes não alélicos (THOMPSON, 1955).

O hp (alta pigmentação) é um mutante monogênico e recessivo e parece ter pequeno efeito na seqüência biossintética, (THOMPSON, 1955). Em relação ao conteúdo clorofiliano nenhum efeito do hp tem sido reportado. O outro mutante d (anão) é caracterizado primeiramente por afetar tamanho de planta. Quando homozigoto recessivo, a planta tende a ser um tanto vertical com internódios curtos e folhas rugosas e verde escuras, BAKER (1964).

A variação genética na coloração de frutos de tomate depende basicamente da interação de dois genes não alélicos. Vermelho r^+t^+ ; amarelo rrt^+ ; alaranjado r^+tt e alaranjado claro $rrtt$. Vários pesquisadores confirmaram a necessidade do alelo r^+ para a produção de carotenóides em quantidade, enquanto o alelo t^+ e seu alelo recessivo t determinam a natureza qualitativa do sistema de pigmentos (THOMPSON, 1955). O alelo dominante t^+ produz o licopeno e beta caroteno encontrados em frutos vermelhos e

amarelos respectivamente, enquanto o alelo recessivo *t* produz o zeta caroteno e prolicopeno encontrado em frutos alaranjados e alaranjados claros (THOMPSON, 1955).

2.4. Síntese de clorofila

A primeira etapa na seqüência biossintética para formação de porfirinas é a síntese do δ ALA (NADLER & GRANICK, 1970; GIBBS, 1971 e MASONER & KASEMIR, 1975). Ainda existem dúvidas a respeito dos precursores deste ácido. Segundo NADLER & GRANICK (1970), GIBBS (1971); ZELITCH (1971) e KROGMANN (1973), glicina e succinil Co-A, em presença de ALA sintetase, formam δ ALA. Por outro lado, WEINSTEIN & CASTELFRANCO (1977) e MELLER et alii (1975), afirmam que o glutamato é o precursor mais imediato do δ ALA. E ainda, BEALE & CASTELFRANCO (1974) e MELLER et alii (1975), acreditam que o δ ALA seja formado a partir da alfa cetoglutaraldeído.

Apesar de pouco conhecidos os detalhes da seqüência biossintética até clorofila (GIBBS, 1971), a síntese de δ ALA parece ser uma das principais etapas reguladoras (NADLER & GRANICK, 1970; MASONER & KASEMIR, 1975 e WEINSTEIN & CASTELFRANCO, 1977).

Depois da formação de clorofila (C_{673}), existe uma fase estacionária (AXELSON, 1976b), em que a concentração de clorofila permanece maior ou menos constante, antes de iniciar a biossíntese do aglomerado de clorofila (C_{678}). Essa fase, essencial para o desenvolvimento de cloroplastos é para alguns um período do

desenvolvimento bioquímico e estrutural da lamela, que precede o início da atividade fotossintética (ALBERTE et alii, 1972) enquanto para outros resulta de condições ambientais prevalentes durante o desenvolvimento e enverdecimento da folha (ALBERTE et alii, 1975).

Quanto à síntese de clorofila b segundo SHLYK (1971), existem 4 hipóteses:

1. Clorofila a e b são formadas como resultado de cadeias biossintéticas separadas;
2. Os dois pigmentos são formados a partir de um precursor comum;
3. Clorofila b é produzida a partir da clorofila a previamente formada, e
4. Clorofila a é produzida a partir da clorofila b previamente formada.

A taxa de formação de clorofila b segue a mesma tendência que a de clorofila a, sendo que só se detectou clorofila b após 1 hora de iluminação (VIRGIN, 1955).

A razão clorofila a/clorofila b durante o início do enverdecimento é alta, indicando mais rápida produção de clorofila a do que de clorofila b (ALBERTE et alii, 1972).

A formação de clorofila segue uma curva de saturação quanto a intensidade luminosa (VIRGIN, 1955). A radiação vermelha (640 a 660 nm) mostra-se muitas vezes mais eficiente do que a azul (430 a 450 nm) no acúmulo de clorofila (RUBIN & CHERNAVINA, 1955; SMITH & YOUNG, 1956; WOLFF et alii, 1975 e POLTSHCHUK & MINDEL, 1962) e a verde (450 e 480 nm) ineficiente. Ao contrário, FRANK

(1946) afirma que a região azul é mais eficiente no acúmulo de clorofila.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Mutante utilizado

Em 1988 foram encontradas em um plantio comercial de tomate cv. IAC Santa Clara (Asgrow), algumas plantas com frutos de coloração amarelo pálida na fase imatura que destoaram dos frutos típicos desta cultivar. Diversos frutos foram coletados e deram origem a um "bulk" observado no ano seguinte na Estação Experimental de Hortaliças da Asgrow em Paulínia-SP. Verificou-se na fase de frutificação que 100% das plantas produziram o mesmo fenótipo do material originalmente coletado. O mutante foi designado Branco 89-255, cujas sementes foram cedidas pela Asgrow do Brasil Sementes Ltda, para a realização deste trabalho.

3.2. Experimentos

Neste trabalho foram desenvolvidas duas atividades distintas:

A primeira teve o objetivo de estudar a herança de

coloração de frutos na fase imatura, através da obtenção de populações segregantes para este caráter, com a observação das frequências fenotípicas.

A segunda teve o objetivo de descrever o mutante Branco 89-255 através da quantificação dos teores de clorofila, β -caroteno e licopeno nos frutos assim como os teores de clorofila total, a e b nos tecidos foliares.

3.3. Localidade

Os experimentos foram conduzidos durante os anos de 1991 e 1992, no campus da Escola Superior de Agricultura de Lavras-MG. Lavras está localizada na região sul do Estado de Minas Gerais, a 910 metros de altitude, 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude.

3.4. Estudo da herança

3.4.1. Cultivares

Os materiais parentais utilizados na obtenção da população segregante foram a TSWV-556 (normal) e a Branco-89-255 (mutante) que são isogênicas à cultivar Santa Clara.

A cultivar TSWV-556 possui frutos de coloração verde na fase imatura (à semelhança da cultivar Santa Clara) e a Branco-89-

255 possui frutos de coloração amarelo-pálida na fase imatura, caracterizando uma nítida clorose nos frutos, folíolos e na haste principal da planta, além da maturação ocorrer lentamente com a coloração dos frutos evoluindo de amarelo pálido para um tom alaranjado até tornar-se completamente vermelho.

3.4.2. Obtenção da população segregante

A geração F_1 foi obtida a partir do cruzamento entre TSWV-556 e Branco-89-255, durante o ano de 1991, em casa de vegetação. As sementes F_1 foram semeadas e as plantas F_1 cultivadas para obtenção das sementes F_2 .

Obteve-se também em casa de vegetação, no mesmo ano, o híbrido F_1 recíproco e os retrocruzamentos com o progenitor normal (TSWV 556) e mutante (Branco 89-255).

3.4.3. Instalação e tratos culturais do ensaio no campo

As mudas do material experimental foram obtidas em bandejas de isopor pelo sistema "speedling". A semeadura nas bandejas realizou-se em 06/06/92 e as plântulas permaneceram em condições de viveiro até 15/07/92, data de transplante para a área experimental no campo. O transplante deu-se no espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas. Os sulcos de plantio

foram previamente adubados com 5 l de esterco de curral por metro linear e 100 g de 4-14-8 por cova, seguidas de adubações de cobertura 30 e 45 dias após o transplântio com 20 g de nitrocálcio por planta. Foram feitas irrigações e realizados os demais tratamentos culturais normais a cultura do tomate.

3.4.4. Obtenção e análise dos dados

O número de plantas observadas por geração foi:

P_1 - Branco 89-255	-	90 plantas
P_2 - TSWV-556	-	90 plantas
F_1 - TSWV-556 x Branco 89-255	-	115 plantas
F_1' - Branco 89-255 x TSWV-556	-	60 plantas
F_2 - F_2 (TSWV-556 x Branco 89-255)	-	272 plantas
$F_1RC_1(P_2)$ - (TSWV-556 x Branco 89-255) x TSWV-556	-	120 plantas
$F_1RC_1(P_1)$ - (TSWV-556 x Branco 89-255) x Branco 89-255	-	228 plantas

A avaliação do fenótipo das plantas foi feita após a emissão do primeiro cacho, quando se podiam distinguir claramente as plantas normais das mutantes.

O teste estatístico utilizado foi o χ^2 -qui-quadrado o qual é uma medida padronizada da magnitude dos desvios (RAMALHO et alii, 1990). Cada valor de χ^2 está associado a uma probabilidade que corresponde à possibilidade de que os desvios tenham a mesma

magnitude se o experimento for repetido. O valor de χ^2 foi estimado pela seguinte expressão:

$$\chi^2 = \sum (FO - FE)^2 / FE$$

FO = frequência observada

FE = frequência esperada

Testou-se a hipótese de o fenótipo mutante ser de herança monogênica recessiva. Assim sendo, a frequência esperada de acordo com a hipótese de nulidade formulada seria:

	Normal	:	Mutante
Branco 89-255	0	:	1
TSWV-556	1	:	0
F ₁	1	:	0
F ₁ '	1	:	0
F ₁ RC ₁ (P ₂)	1	:	0
F ₁ RC ₁ (P ₁)	1	:	1
F ₂	3	:	1

3.5 Descrição do mutante

A descrição do mutante foi feita através da quantificação do teor de clorofila nos tecidos foliares e pigmentos nos frutos,

em diferentes idades.

3.5.1. Extração de pigmentos nos frutos

Utilizaram-se para este estudo frutos previamente marcados, das gerações parentais (P_1 , P_2) e F_1 recíprocas (F_1 , $F_{1(R)}$). As flores foram marcadas com fitas coloridas por ocasião da antese, diariamente durante um mês. As extrações foram feitas em frutos com 30, 37, 44, 56, 63 e 72 dias após a antese.

Os pigmentos foram extraídos de discos cortados do pericarpo dos frutos na região equatorial, representativos de cada amostra composta de três frutos com 5 repetições: destes discos foram pesados 2 g que foram homogeneizados e diluídos em uma mistura de quatro volumes de acetona concentrada para 5 ml de hexano perfazendo um total de 10 ml de extrato que foi centrifugado a 3.000 rpm durante 20 minutos. A camada superior do extrato foi analisada em um espectrofotômetro de feixe duplo, modelo Shimadzu-UV-90, para os comprimentos de ondas de 661 nm (clorofila), 470 nm (β -caroteno) e 502 nm (licopeno), de acordo com MEDINA (1981).

3.5.2. Análise da concentração de clorofila nos tecidos foliares

Foram retiradas, com um perfurador de disco, amostras de

4 a 5 folhas de ramos localizados entre o primeiro e o segundo cacho de tomate, de plantas com 90, 102 e 127 dias após o semeio. Retiraram-se discos das folhas que foram picados, homogeneizados e pesados (0,5 g). A extração da clorofila foi feita em cadinho de porcelana com 8 ml de acetona 80% seguida por centrifugação a 3000 rpm por 20 minutos.

A quantificação das clorofilas a, b e total tornou-se possível com o emprego da metodologia proposta por WHITHAM et alii (1971) e LINDER (1974), que enfatizam que a clorofila extraída numa solução de acetona 80% possui picos de absorção na faixa do vermelho nos comprimentos de onda de 663, 645 e 652 nm para as clorofilas a, b e total respectivamente. Após a obtenção dos dados de absorbâncias com base nas leituras espectrofotométricas, os cálculos de número de miligramas de clorofila por grama de peso fresco de tecido foliar foram feitos utilizando as equações de WHITHAM et alii (1971).

$$\text{Clorofila a} = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) V}{1000 W}$$

$$\text{Clorofila b} = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) V}{1000 W}$$

$$\text{Clorofila total} = \frac{A_{652} \times 1000 \times V/1000 W}{34,5}$$

onde:

A = absorbância no comprimento de onda indicado

V = volume final do extrato clorofila-acetona

W - matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado.

3.5.3. Análise dos dados

Os dados relativos a pigmentos nos frutos foram submetidos a uma análise de variância (Tabela 2) seguindo o delineamento estatístico inteiramente casualizado, arranjados numa estrutura fatorial com dois fatores: genótipos (em quatro níveis, a saber: P_1 , P_2 , F_1 e $F_{1(R)}$) e idade do fruto (em seis níveis a saber: 30, 37, 44, 56, 63 e 72 dias).

Os dados referentes a concentração de clorofila nos tecidos foliares foram submetidos a uma análise de variância (Tabela 3), seguindo o delineamento estatístico inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial de dois fatores: genótipos (em quatro níveis, a saber: P_1 , P_2 , F_1 e $F_{1(R)}$) e idade da planta (em três níveis a saber: 90, 102 e 127 dias após a semeadura).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estudo da herança

As freqüências fenotípicas estão apresentadas na Tabela 1. No cruzamento de TSWV-556 x Branco 89-255, a geração F_1 apresentou frutos verdes na fase imatura indicando que o caráter coloração amarelo pálido do fruto é controlado por alelo(s) recessivo(s). Na geração F_2 a segregação obtida foi de 3 verdes : 1 amarelo pálido ($\chi^2 = 0,078$ ns) indicando ser a herança monogênica, com dominância completa do alelo que confere coloração verde sobre o que confere coloração amarelo pálido. Vale acrescentar que o ajustamento à proporção de 1:1 observado no retrocruzamento com o pai mutante ($\chi^2 = 0,15$ ns), confirma que o caráter coloração de frutos na fase imatura é controlado por um gene; assim, a cultivar TSWV-556 possuindo frutos verdes na fase imatura tem na sua constituição o alelo dominante para esta coloração, sendo que uma cultivar com frutos amarelo pálido tem o alelo recessivo correspondente, na condição homozigota. A ausência de diferenças entre os F_1 's recíprocos indica a ausência de efeitos maternos na expressão do caráter.

TABELA 1 - Freqüências observadas para coloração de frutos de tomateiro na fase imatura em duas cultivares, seus cruzamentos e gerações segregantes. ESAL, Lavras, 1992.

	Plantas com fruto		Prop. esp.	χ^2
	Verde	Amar. pálido		
TSWV-556	90	0	1:0	0 ns
Branco 89-255	0	90	0:1	0 ns
F ₁	115	0	1:0	0 ns
F ₁ '	60	0	1:0	0 ns
F ₂	202	70	3:1	0,078 ns
RC ₁ (P ₁) - 1 ^o exp.	35	25	1:1	1,66 ns
2 ^o exp.	82	86	1:1	0,095 ns
total de 2 exp.	117	111	1:1	0,15 ns
RC ₁ (P ₂)	120	0	1:0	0 ns

4.2. Pigmentação de frutos

Os resumos das análises de variância das gerações P₁, P₂, F₁ e F₁' para as variáveis clorofila (c), β -caroteno (βc) e licopeno no fruto são apresentados na Tabela 2.

Observa-se que a precisão dos experimentos avaliada pelo coeficiente de variação (CV%) foi melhor para o fator β -caroteno, embora os experimentos de clorofila e licopeno também tenham tido precisão experimental, com o CV variando de 19,4% para clorofila e, 8,5% para licopeno.

TABELA 2 - Resumo das análises de variância do experimento dos genótipos $P_1(G_1)$, $P_2(G_2)$, $F_1(G_3)$ e $F_1'(G_4)$, para as variáveis clorofila (c), β -caroteno (βc) e licopeno (L) em frutos de tomateiro. ESAL, Lavras, 1992.

FV	GL	QM		
		c	βc	L
Tratamentos	(23)	0,1634**	1,8708**	2,6118**
Genótipos (G)	3	0,2304**	0,6219**	0,3095**
Idade (I)	5	0,4801**	7,8775**	11,3365**
G x I	15	0,0444**	0,1183**	0,1640**
Erro	96	0,0009	0,0023	0,0038
CV %		19,4	5,4	8,5

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Nota-se para todos os caracteres estudados, que o valor de F foi altamente significativo para as interações genótipos x idades mostrando que os teores de clorofila, β -caroteno e licopeno não variaram igualmente com a idade do fruto para todos os genótipos.

Observou-se que os genótipos TSWV-556, F_1 e $F_1'(R)$ apresentaram comportamento semelhante em relação à síntese de clorofila, com a progressiva degradação da mesma e acúmulo dos carotenóides principais (β -caroteno e licopeno) em função da idade do fruto (Figuras 1, 2 e 3). Para o genótipo Branco 89-255 verifica-se que o teor de clorofila presente (Figura 1a) foi bem inferior aos

demais genótipos sendo que aos trinta dias este teor foi próximo de 0,06 (unidades/grama de peso fresco), enquanto para os demais a concentração foi em torno de 0,4 (unidades/grama de peso fresco). Evidencia-se pelas Figuras 2 e 3 que o acúmulo de β -caroteno e licopeno evoluiu lentamente no genótipo Branco 89-255 que diferiu dos demais no intervalo de quarenta e quatro a cinquenta e seis dias de idade do fruto, com uma pequena variação, indicando que o período de maturação deste genótipo é maior do que o dos demais.

Verifica-se que os teores de β -caroteno e licopeno nos genótipos TSWV-556, F_1 e F_1 foram de magnitude semelhante. Resultados semelhantes foram obtidos por ZAMBON (1964) e DALAL (1965) estudando o processo de maturação de frutos de tomates mutantes e seus híbridos com cultivares comerciais. Vale acrescentar que a biossíntese de carotenóides em tomate tem sido extensivamente estudada por diversos autores, entre eles KHUDAIRI (1972) e RAMIREZ (1964), e todos concordam que durante o amadurecimento dos frutos ocorre a degradação da clorofila e síntese de carotenóides, principalmente o licopeno e β -caroteno.

Através da análise das Figuras 1, 2 e 3 podem sugerir-se as características de cada fruto quanto aos teores de pigmentos. O tomate mutante (Branco 89-255) comportou-se de forma atípica para clorofila apresentando teores muito reduzidos deste pigmento em relação aos demais durante o desenvolvimento dos frutos. Além disso, apresenta uma acumulação mais lenta de carotenóides principais. O TSWV-556 e os híbridos apresentaram comportamento semelhante entre si e contrastante com o de Branco 89-255.

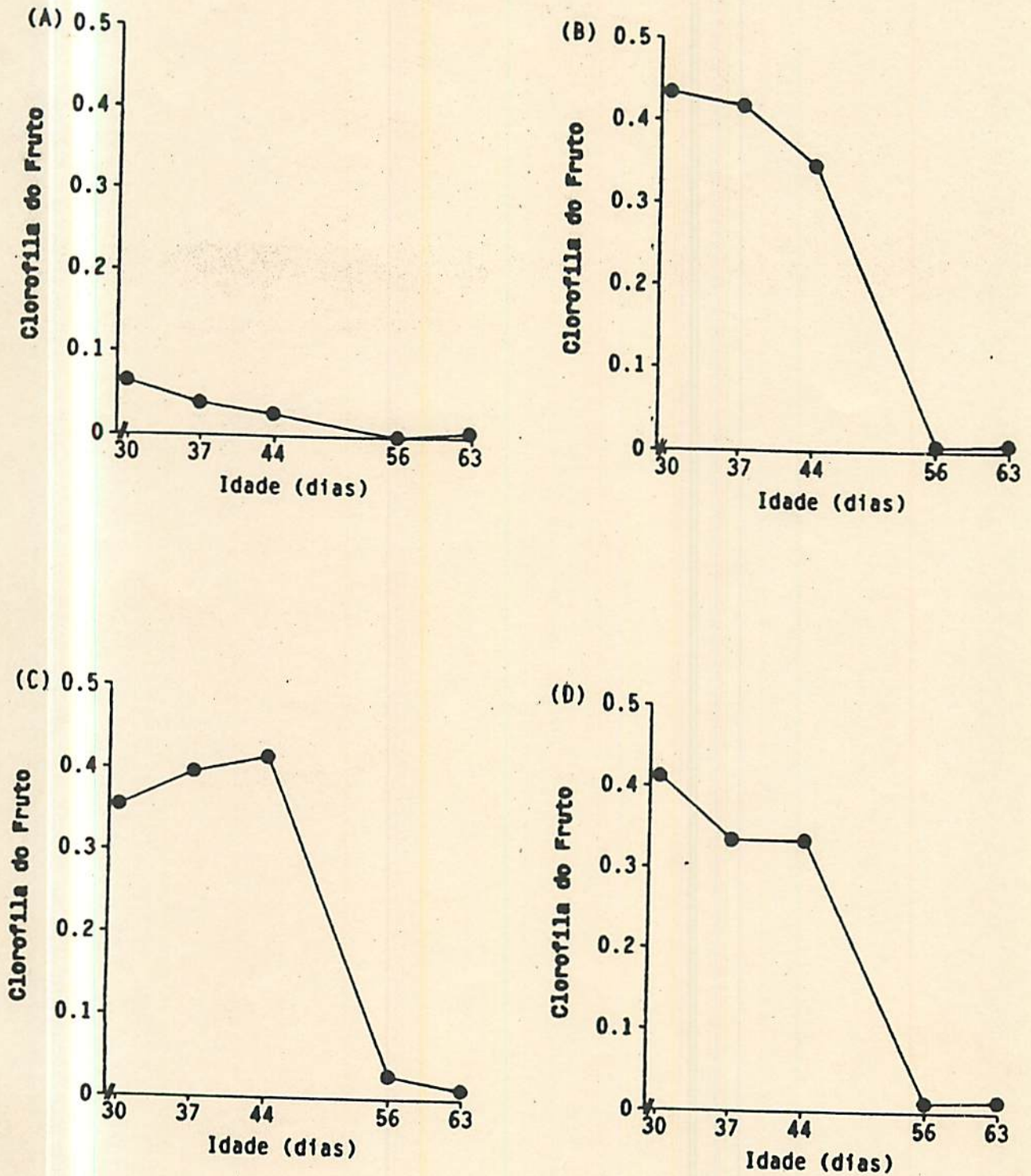


FIGURA 1 - Concentração de clorofila (unidades/grama de peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F₁ (C) e F₁ (D). ESAL, Lavras, 1992.

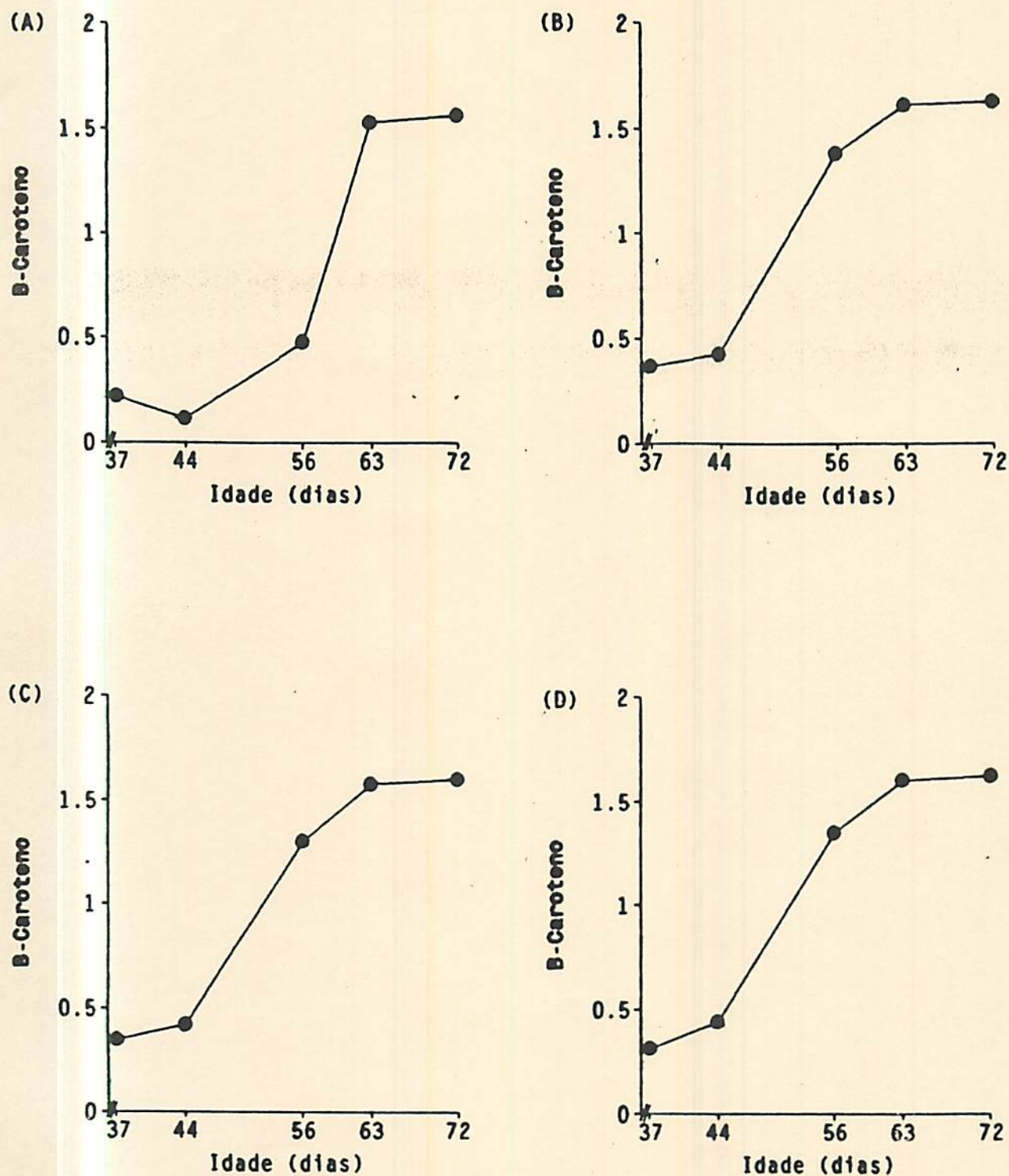


FIGURA 2 - Concentração de β -caroteno (unidades/grama de peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F₁ (C), F₁ (D). ESAL, Lavras, 1992.

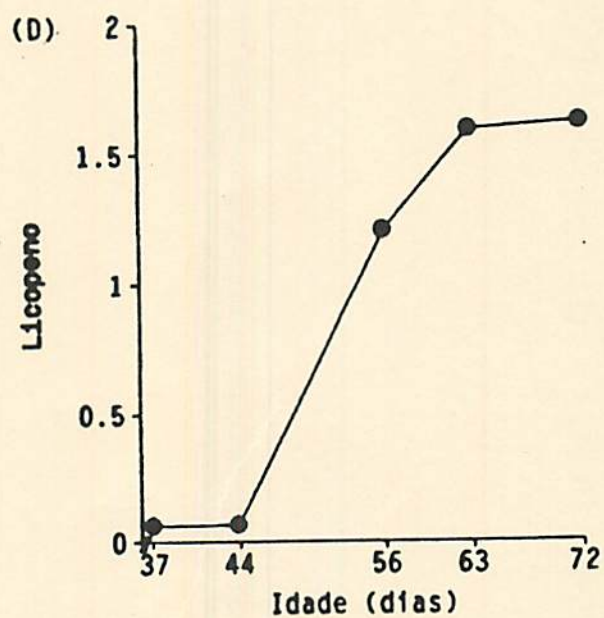
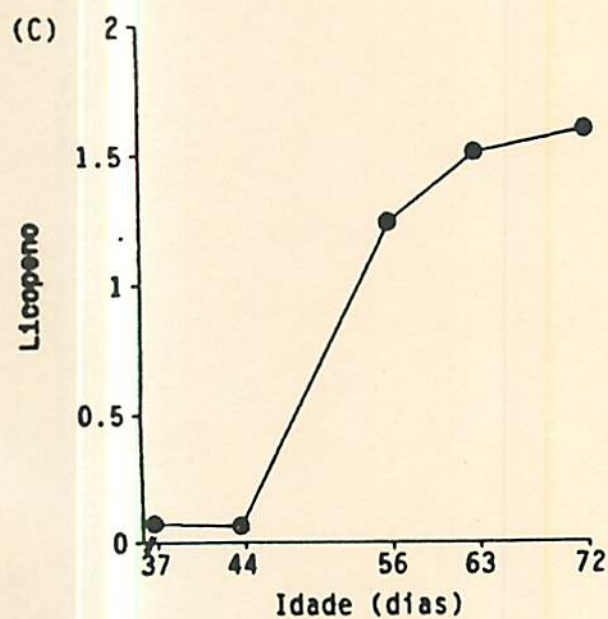
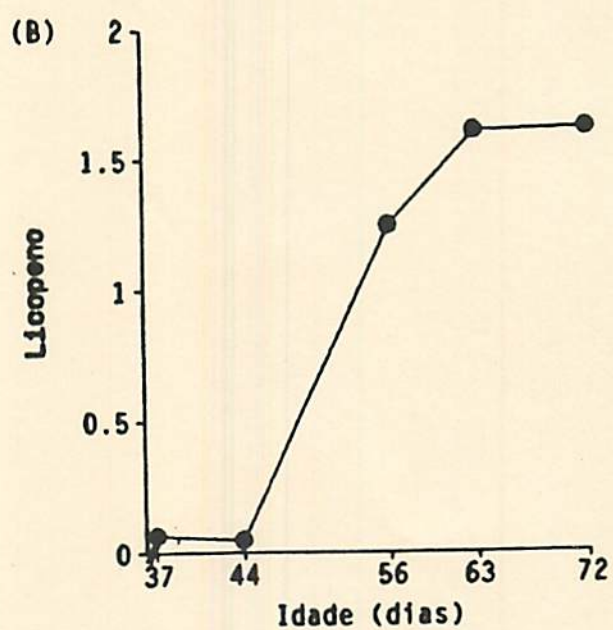
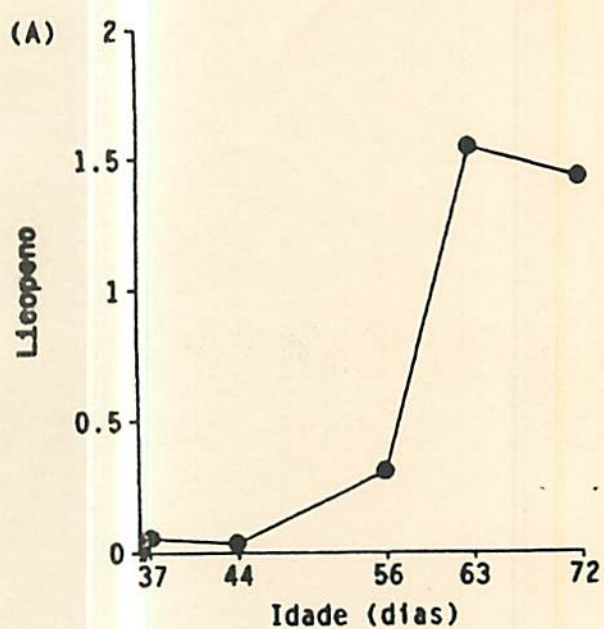


FIGURA 3 - Concentração de licopeno (unidades/grama de peso fresco) em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C), F_1 (D). ESAL, Lavras, 1992.

4.3. Pigmentação das folhas

Os resumos das análises de variância dos genótipos P_1 , P_2 , F_1 e F_1' , para as variáveis clorofila total (CT), clorofila a (CA) e clorofila b (CB) nas folhas, são apresentados na Tabela 3.

Observa-se boa precisão experimental para todos os caracteres estudados em função dos valores de CV %, e que houve diferença significativa ao nível de um por cento de probabilidade para todos os caracteres estudados.

A variação obtida nos teores de clorofila total, a e b em função da idade, foi diferencial entre pelo menos dois genótipos estudados.

Na Figura 4, relativa à concentração de clorofila total nas folhas, observa-se um aumento até os cento e dois dias para o TSWV-556, F_1 e F_1' , e um comportamento contrastante para o mutante Branco 89-255, com redução drástica nos teores de clorofila nas folhas em função da idade da planta, principalmente no intervalo entre noventa e cento e dois dias. Acredita-se que o mutante apresente um padrão anormal para a degradação da clorofila por ter deficiência de alguma enzima envolvida neste processo.

GASSMANN & BOGORAD (1967) sugerem que a luz regula a síntese de clorofila, possivelmente mediante controle da formação de uma enzima envolvida na síntese de δ -ALA.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância do experimento dos genótipos $P_1(G_1)$, $P_2(G_2)$, $F_1(G_3)$ e $F_1(G_4)$ para as variáveis clorofila total (CT), clorofila a (CA) e clorofila b (CB) em folhas de tomateiro. ESAL, Lavras, 1992.

FV	GL	QM		
		CT	CA	CB
Tratamentos	(11)	0,2296**	0,2562**	0,1444**
Genótipos (G)	3	0,6457**	0,0296**	0,3976**
Idade (I)	2	0,0130**	0,0340**	0,0853**
G x I	6	0,0937**	0,0165**	0,0376**
Erro	48	0,0010	0,0001	0,0011
CV %		3,9	2,8	7,4

** F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Quanto à síntese de clorofila a, verifica-se que o mutante também apresenta comportamento diferencial, ou seja, redução na concentração em função da idade da planta, sendo que para os demais genótipos observa-se o contrário, isto é, acúmulo progressivo (Figura 5). Para o caráter clorofila b observa-se um rápido decréscimo dos noventa aos cento e dois dias no mutante, enquanto nos demais há um decréscimo lento em função da idade da planta (Figura 6).

Tomando-se como base os resultados obtidos, pode inferir-se que o Branco 89-255 não é viável comercialmente, a não ser em híbridos F_1 por possuir frutos amarelos pálidos na fase imatura sendo que o tipo comercializado é de coloração verde.

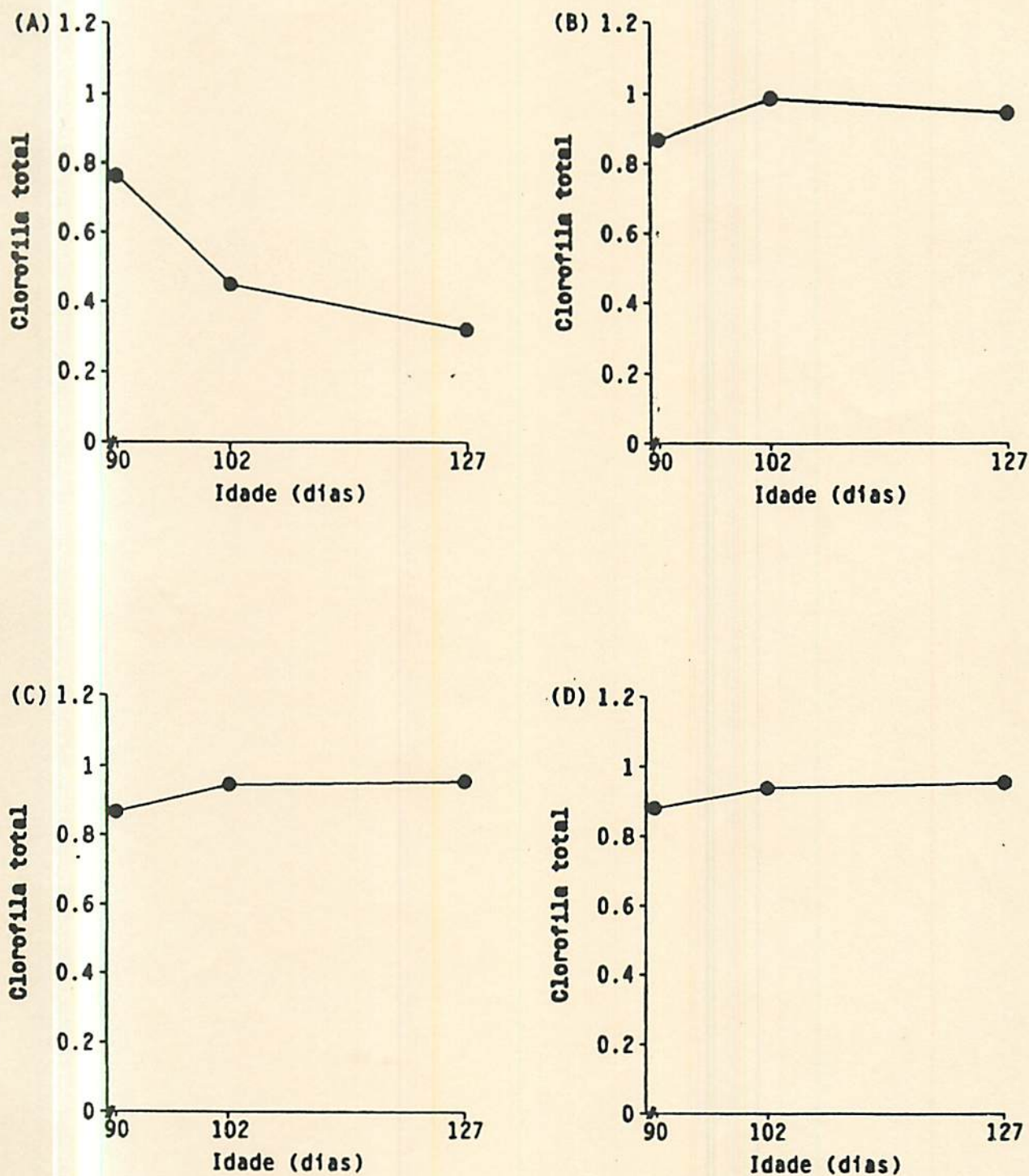


FIGURA 4 - Concentração de clorofila total (mg/grama de peso fresco) em folhas de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F₁ (C), F₁' (D). ESAL, Lavras, 1992.

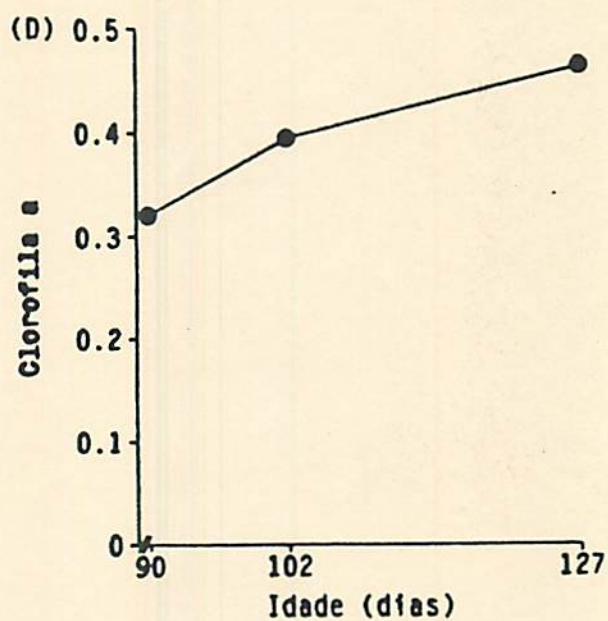
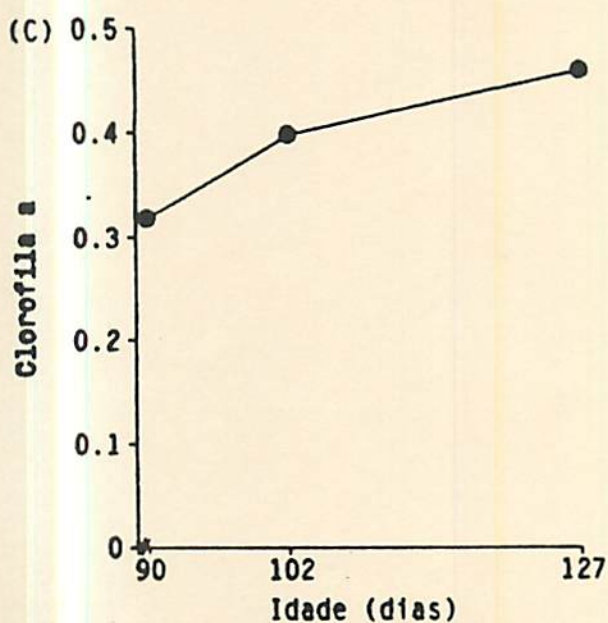
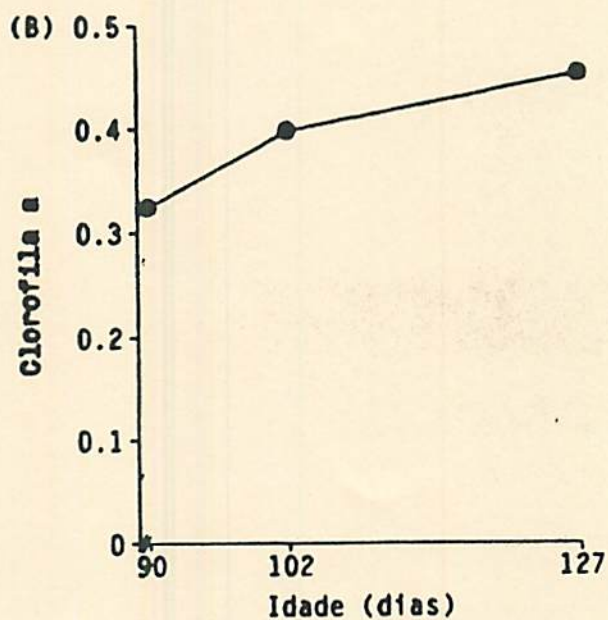
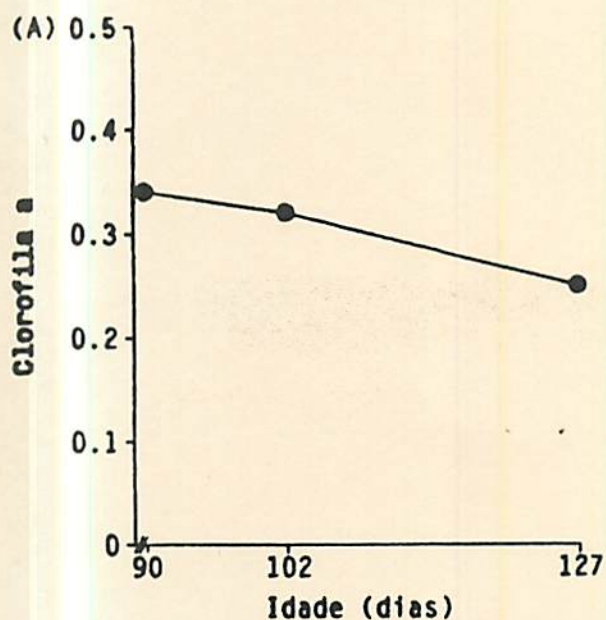


FIGURA 5 - Concentração de clorofila a (mg/grama de peso fresco) em folhas de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F_1 (C), F_1' (D). ESAL, Lavras, 1992.

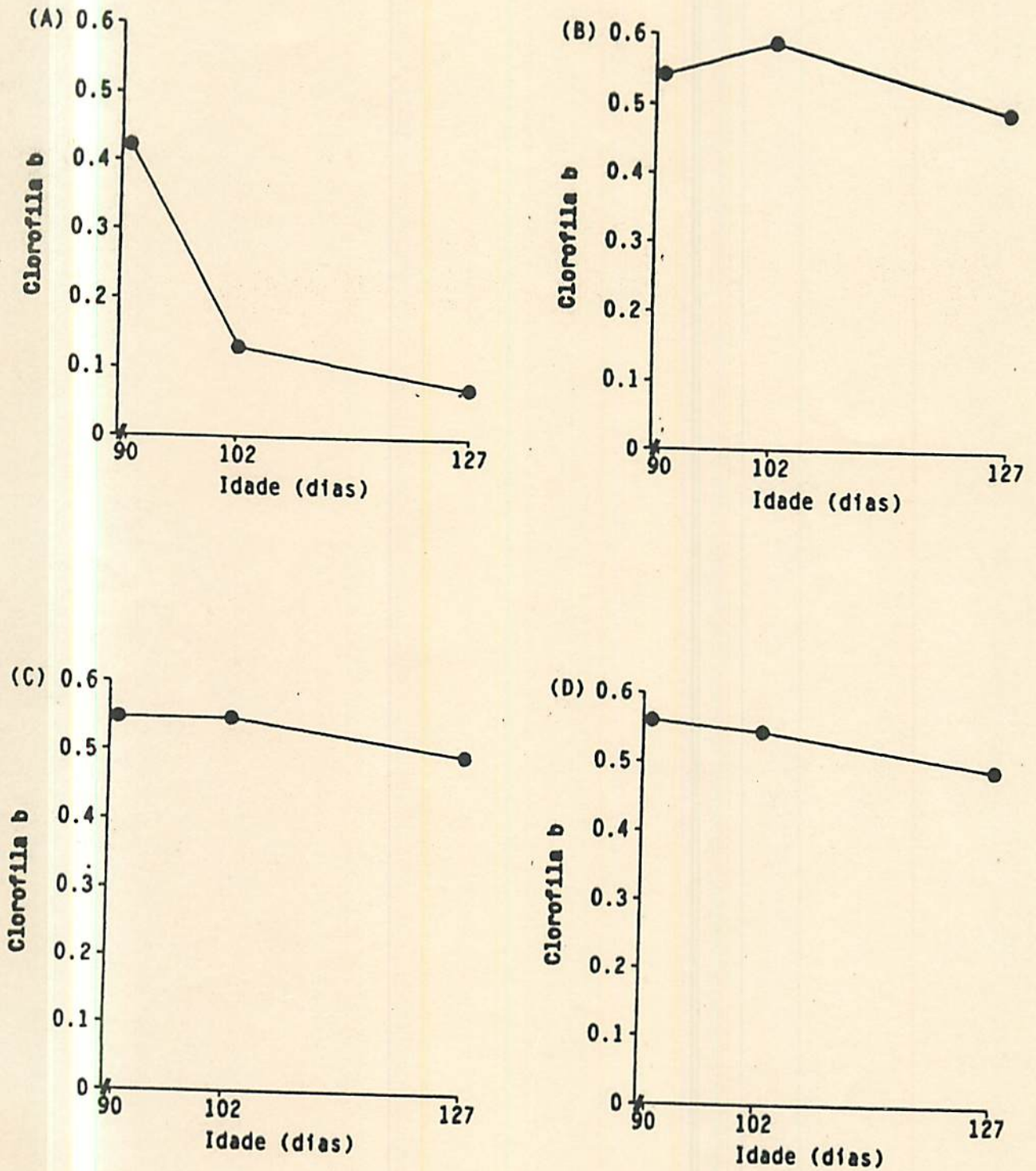


FIGURA 6 - Concentração de clorofila *b* (mg/grama de peso fresco) em folhas de tomateiro colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento, nos genótipos Branco 89-255 (A), TSWV-556 (B), F₁ (C), F₁ (D). ESAL, Lavras, 1992.

5. CONCLUSÕES

a) A herança da mutação que torna os frutos de coloração amarelo pálido na fase imatura é monogênica.

b) A interação alélica é de dominância completa do alelo que confere coloração verde na fase imatura sobre o alelo que confere coloração amarelo pálido na fase imatura.

c) Branco 89-255 é um mutante clorofiliano contendo teores reduzidos de clorofila tanto nos tecidos dos frutos quanto nos das folhas.

d) Em relação à síntese de carotenóides principais, β -caroteno e licopeno, o mutante apresenta acúmulo mais lento do que os demais genótipos estudados.

6. RESUMO

O objetivo do trabalho foi descrever uma mutação espontânea na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), que torna os frutos de coloração amarelo pálido na fase imatura, bem como estudar a herança desta característica. Para isto foram realizados cruzamentos entre as linhagens TSWV-556 (normal) e Branco 89-255 (mutante) para a obtenção dos híbridos F_1 e recíprocos, além dos retrocruzamentos com os progenitores normal e mutante. O teste estatístico utilizado foi o qui-quadrado (χ^2). A segregação obtida na geração F_2 foi de 3 verdes : 1 amarelo pálido ($\chi^2 = 0,078$ ns) e no retrocruzamento com o pai mutante foi de 1 verde : 1 amarelo pálido ($\chi^2 = 0,15$ ns). Pelos resultados obtidos concluiu-se que a herança da mutação é monogênica com dominância completa do alelo que confere cor verde na fase imatura sobre o que confere cor amarelo pálido. Para a descrição do mutante foram medidas as concentrações de clorofila, β -caroteno e licopeno nos frutos de diferentes idades, através da leitura das absorbâncias nos comprimentos de onda de 661 nm, 470 nm e 502 nm respectivamente. Foram também avaliados os teores de clorofila total, a e b em folhas com a leitura das absorbâncias feita nos

comprimentos de onda de 652 nm, 663 nm e 645 nm respectivamente. Em relação à descrição do Branco 89-255 concluiu-se que trata-se de um mutante clorofiliano com níveis bastante reduzidos de clorofila, tanto nos frutos quanto nas folhas, e que apresenta comportamento diferencial para a síntese de carotenóides principais β -caroteno e licopeno, possuindo um processo de maturação mais lento em relação a linhagens não mutantes de tomate.

7. SUMMARY

INHERITANCE STUDY AND SPONTANEOUS MUTATION DESCRIPTION IN TOMATO CROP (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

This work was carried out with the objective of describing and studying the inheritance of a spontaneous mutation in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) which causes immature fruits to become light yellow instead of normal green. In order to obtain F_1 reciprocal hybrids TSWV-556 (normal) and Branco 89-255 (mutant) were crossed and then backcrossed with both parents. The statistical test used was the chi-square (X^2). The segregation obtained was as follows: 3 green fruited plants : 1 light yellow fruited ($X^2 = 0.078NS$) in the F_2 generation; 1 green fruited : 1 light yellow fruited ($X^2 = 0.15NS$) in the backcross to the mutant parent. Results indicate monogenic inheritance of the mutation with complete dominance of the allele responsible for the green color in the unripe phase over allele responsible for the light yellow color. In order to describe the mutant the extraction of chlorophyll, β -carotene and lycopene was made in different age fruits by reading the absorbance in the following wave length: 661

nm, 470 nm and 502 nm besides a, b and total chlorophyll extraction in leaves. Absorbance readings were done in the following wave lengths: 663 nm, 645 nm and 652 nm respectively. Branco 89-255 was found to be a chlorophyll mutant whose fruits and leaves have a low chlorophyll level, whose behavior is differential for the principal carotenoids synthesis: β -carotene and lycopene, and whose ripening process is atypical.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTE, R.S.; FISCUS, E.L. & NAYLOR, A.W. The effects of water stress on the development of the photosynthetic apparatus in greening leaves. *Plant Physiology*, Washington, 55:317-21, 1975.
2. ———; THORNER, J.P. & NAYLOR, A.W. Time of appearance of photosystems I and II in chloroplasts of greening Jack bean leaves. *Journal of Experimental Botany*, London, 23:1060-69, 1972.
3. ALLARD, R.W. *Principles of Plant Breeding*. New York, John Wiley & Sons, 1960. 485p.
4. AXELSSON, L. The photostability of different chlorophyll forms dark grown leaves of wheat. II. Reaction kinetics for the photodecomposition of the 648-form and 673-form. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 38:333-6, 1976.

5. BAKER, L.R. and TOMES, M.L. Carotenoides and chlorophylls in two tomato mutants and their hybrid. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 85:507-13, 1964.
6. BEALE, S.J. & CASTELFRANCO, P.A. The biosynthesis of δ -aminolevulinic acid in higher plants. II. Formation of 14 C- δ aminolevulinic acid from labelled precursors in greening plant tissues. *Plant Physiology*, Washington, 53:297-303, 1974.
7. BROCK, R.D. Mutagenesis and Crop Improvement. In: CARLSON, P.S., ed. *Biology of crop productivity*. New York, Academic Press, 1980. p.383-409.
8. ————. When to use mutations in plant breeding. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Manual on mutation breeding*. 2.ed. Vienna, 1977. p.213-9.
9. DALAL, K.B.; SALUNKHE, D.K; BOE, A.A. & OLSON, E.L. Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit (*L. esculentum* Mill.). *Journal of Food Science*, Chicago, 30:504-8, 1965.

10. D'AMATO, F. Other causes of mutations. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Manual on Mutation Breeding*. 2.ed. Vienna, 1977. p.81-6.
11. ENGEL, V.L. & POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, 3(1):39-45, 1991.
12. FRANK, S.R. The effectiveness of the spectrum in chlorophyll formation. *Journal of General Physiology*, Baltimore, 29:157-79, 1946.
13. GABRIELSEN, E.K. Effects of different chlorophyll concentrations on photosynthesis in foliage leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 1:5-37, 1948.
14. GARDNER, E.J. & SNUSTAD, D.P. Mutação. In: ——. *Genética*. 7.ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1986. Cap.9, p.213-46.
15. GASSMANN, M. & BOGORAD, L. Control of chlorophyll production in rapidly greening bean leaves. *Plant Physiology*, Washington, 42:774-80, 1967.

16. GIBBS, M. *Structure and function of chloroplasts*. New York, Springer-Verlag, 1971. 286p.
17. GRAZZIN, R.A. & TICGHELAAR, E.C. Performance of F₁ hybrid varieties of the non-ripening (nor) tomato mutant. *Hort-Science*, Alexandria, 14(3):447, 1979.
18. GROSS, K.C. & SDALTVEIT, M.E. Galactose concentration and metabolism in pericarp tissue from normal and non-ripening tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 107(2):328-30, 1982.
19. JENKINS, J.A. *The origin of the cultivated tomato*. *Economic Botany*, New York, 2:379-92, 1948.
20. KHUDAIRI, A.K. The ripening of tomatoes. *American Scientist*, New Haven, 6:696-702, 1972.
21. KOPELIOVITCH, E.; MIZRAHI, Y.; RABINOWITCH, H.D. & KEDAR, N. Effect of the fruit ripening mutant genes Rin and Nor on the flavor of tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 107(3):361-4, 1982.
22. KROGMANN, D.W. *The biochemistry of green plants*. New Jersey, Prentice-Hall, 1973. 239p.

23. LAVAL-MARTIN; QUENNEMET, J. & MONEGER, R. Pigment evolution in *L. esculentum* fruits during growth and ripening. *Phytochemistry*, Elmsford, 14:2357-62, 1975.
24. LINDER, S.A. A proposal for the use of standartized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological investigation. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 32:154-6, 1974.
25. LOMA, J.L. de La. História, modalidades, importancia y utilizacion de las mutaciones. In: SIMPÓSIO MEXICANO SOBRE MUTACIONES, 1, México, 1970. p.9.
26. LOPES, L.C. Anotações de fisiologia pós-colheita de produtos hortícolas. Viçosa, UFV, 1980. 105p.
27. McCOLLUM, J.P. Distribution of carotenoids in the tomato. *Food Research*, Chicago, 20:55-9, 1953.
28. ————. Sampling tomato fruits for composition studies. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, Mount, 68:587-95, 1956.

29. MASONER, M. & KASEMIR, H. Control of chlorophyll synthesis by phytochrome. I. The effect of phytochrome on the formation of 5-aminolevulinate in mustard seedlings. *Planta*, Berlin, 126:111-7, 1975.
30. MEDINA, P.V.L. & MEDINA, R.M.T. Descrição bioquímica e fisiológica da maturação dos frutos do tomateiro. *Revista Ceres*, Viçosa, 155(28):1-7, 1981.
31. MELLER, E.; BELKIN, S. & HARER, E. The biosynthesis of δ -aminolevulinic acid in greening maize leaves. *Phytochemistry*, Elmsford, 14:2399-402, 1975.
32. MONACO, L. Melhoramento do tomateiro. *Boletim do Campo*, Rio de Janeiro, 193:79-85, 1964.
33. NÄDLER, K. & GRANICK, S. Controls on chlorophyll synthesis in barley. *Plant Physiology*, Washington, 46:240-6, 1970.
34. NG, T.J. Genetic and physiological characterization of the Rin and Nor non-ripening mutants of tomato. Purdue University, 1976. 92p. (Tese de doutorado).

35. NILAN, R.A.; KLEINHOF, A. & KONZAC, C.F. The role of induced mutation in supplementing natural genetic variability. *Annals New York Academy of Sciences*, New York, 287:367-84, 1977.
36. PANTASTICO, E.B. Preharvest factors affecting quality and physiology after harvest. In: ——. *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. Westport, AVI, 1977. Cap.2, p.25-55.
37. POLISHCHUK, L.K. & MINDEL, E.Z. Effect of light on the chlorophyll-carrying apparatus of wheat. *Chemical Abstracts*, Easton, 60:5894, 1962.
38. RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos & PINTO, C.A.B.P. *Genética na Agropecuária*. São Paulo, Globo, 1990. 359p. (Publicações Globo Rural).
39. RAMIREZ, D.A. & TOMES, M. Relationship between chlorophyll and carotenoid biosynthesis in dirty-red (green-flesh) mutant in tomatoes. *Botanical Gazette*, Chicago, 125(3):221-6, 1964.
40. RICK, C.M. Fruit and pedicel characteristics derived from Galapagos tomato. *Economic Botany*, New York, 21:171-84, 1967.

41. RICK, C.M. Genetic variability in tomato species. **Plant Molecular Biology Reporter**, The Hague, 1:81-7, 1983.
42. ————. The role of natural hybridization in the derivation of cultivated tomatoes of Western South America. **Economic Botany**, New York, 12:346-67, 1958.
43. ————. El tomate. **Investigacion y Ciência**, Santo Domingo, 25:45-55, 1978.
44. ————. The tomato be locus: linkage relations and geographic distribution of alleles. **Genetics**, Madison, 67:75-85, 1971.
45. ————. Tomato *Lycopersicon esculentum* (solanaceae). In: SIMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. London, Longman, 1974. p.268-72.
46. ———— & BUTLER, L. Cytogenetics of the tomatoes. **Advances in Genetics**, New York, 8:267-382, 1956.
47. ————. A survey of cytogenetic causes of unfruitfulness in the tomato. **Genetics**, Madison, 30:347-62, 1945.

48. ROBINSON, R.W. & RICK, C.M. New tomato seedling characters and their linkage relationships. *The Journal of Heredity*, Baltimore, 45(5):241-7, 1954.
49. RUBIN, B.A. & CHERNAVINA, I.A. Formation of the photosynthetic apparatus in various groups in connection with conditions of their existence. *Chemical Abstracts*, Easton, 50:10864, 1955.
50. SCARASCIA-MUGNOZZA, G.T. Problems in using experimental mutagenesis for breeding purposes. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Induced Mutations in Plants*. Vienna, 1960. p.485-99.
51. SHLYK, A.A. Biosynthesis of chlorophyll b. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 22:169-84, 1971.
52. SIGURBJÖRNSSON, B. Induced mutations in plants. *Scientific American*, New Haven, 224:86-95, 1971.
53. ————. Mutations in plant breeding programmes. In: International Atomic Energy Agency. *Manual of Mutation Breeding*. 2.ed. Vienna, 1977. p.1-6.

54. SINK JR., K.C.; HERNER, R.C. & KNOWLTON, L.L. Chlorophyll and carotenoids of the Rin tomato mutant. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 52(7):1657-60, 1974.
55. SINNOTT, E.W.; DUNN, L.C. & DOBZHANSKY: Mutacion espontânea. In: ——. *Princípios de Genética*. Barcelona, Ediciones Omega, 1961. Cap.16, p.268-88.
56. SMITH, J.H.C. & YOUNG, V.M.K. Chlorophyll formation and accumulation in plants. In: HOLLAENDER, A., ed. *Radiation Biology*. New York, McGraw-Hill, 1956. p.393-42.
57. STEBBINS, G.L. *Processos de evolução orgânica*. São Paulo, Polígono, 1970. 255p.
58. THOMPSON, A.E. Comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Mount, 78:464-73, 1961.
59. ————. Inheritance of high total carotenoid pigments in tomato fruits. *Science*, Washington, 121:896-7, 1955.
60. ————; TOMES, M.L. & WANN, E.V. Characterization of crimson tomato fruit color. *American Society for Horticultural Science*, Illinois, 86:610-16, 1964.

61. TIGCHELAAR, E.C.; MCGLOSSON, W.B. & BUESCHER, R.W. Genetic and permeability for potassium in developing fruits of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Journal Experimental Botany*, London, 24(83):1261-70, 1973.
62. VIRGIN, H.I. Protochlorophyll formation and greening in etiolated barley leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 8:630-43, 1955.
63. WEINSTEIN, J.D. & CSATELFRANCO, P.A. Protoporphyrin IX biosynthesis glutamate in isolated greening chloroplasts. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, New York, 178:671-3, 1977.
64. WHITAN, F.H.; BLAYDES, D.F. & DEVLIN, R.M. *Experiments in plant physiology*. New York, D. van Nostrand Company, 1971. p.55-8.
65. WOLFF, J.B.; PRINCE, L. & WITHROW, R.B. Stimulation of protochlorophyll synthesis in dark grown bean leaves by irradiation with low energy. *Plant Physiology*, Washington, 33(suppl.), 1975.
66. ZELITCH, I. *Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity*. London, Academic Press, 1971. 347p.

67. ZAMBON, F.R.A. Comparação dos processos de maturação de tomate (*L. esculentum* Mill.) Kada, mutantes Nor e Rin e seus híbridos F₁. Viçosa, UFV, 1984. 45p. (Tese de Mestrado).

[REDACTED]

... ..
... ..
... ..