

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

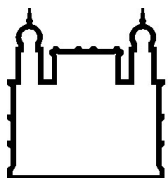
MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO
CURSO TÉCNICO DE NÍVEL MÉDIO EM SAÚDE

Estudo comparativo entre o melhoramento genético em vegetais e a produção de transgênicos

Por

Victor Cordeiro Moreira de Brito
(especialização em LAB)

Rio de Janeiro,
Dezembro de 2006



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

MINISTÉRIO DA SAÚDE

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO

CURSO TÉCNICO DE NÍVEL MÉDIO EM SAÚDE

Estudo comparativo entre melhoramento genético em vegetais e a produção de transgênicos

Por

Victor Cordeiro Moreira de Brito
(especialização em LAB)

Monografia apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito obrigatório para conclusão do Curso Técnico de Ensino Médio em Saúde, com habilitação em Laboratório em Biotecnologia em Saúde.

Orientação: Neila Guimarães Alves

Rio de Janeiro,
Dezembro de 2006

Ao meu avô, Carlos Alberto de Brito

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele não estaria aqui.

À minha mãe por me apoiar em todas as decisões que tomei. Ao meu pai que sempre me incentivou em todas as etapas da produção deste trabalho e da minha vida em geral.

À minha orientadora, Neila que me aturou durante todo este ano me dando o devido apoio ao longo da realização deste trabalho.

A todos os meus amigos da EPSJV que fizeram os momentos de preocupação ficarem mais descontraídos.

A todos que conheço e pude vir a conhecer graças a este trabalho.

E por último, porém não menos importante, ao meu computador, pois sem o auxílio dele nada estaria pronto.

RESUMO

O conjunto de técnicas que dão origem ao do melhoramento genético vem sendo desenvolvida há cerca de 10 mil anos atrás quando o homem deixou de ser nômade e passou ao sedentarismo. Com o passar do tempo, os mecanismos deste fenômeno, foram sendo elucidados a ponto de se desenvolver técnicas para a realização do mesmo. À medida que surgem novos avanços tecnológicos, além de se utilizar métodos naturais de melhoramento genético por hibridação, passa-se também a utilizar métodos fundamentados em técnicas de engenharia genética, onde se modifica a estrutura do organismo, com o intuito de se obter um organismo com características específicas desejadas.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma comparação dos métodos de melhoramento genético. Foram estudados as técnicas de hibridação e os métodos de produção de transgênicos, levantado vantagens e desvantagens de cada método. Por fim, avaliar qual das metodologias têm melhores desempenhos e aplicações, buscando encontrar um motivo para explicar a busca por novas técnicas de melhoramento genético se já se possui técnicas antigas, mais naturais e já consagradas.

SUMÁRIO

▪ INTRODUÇÃO	7
▪ CAPÍTULO 1 – HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO	10
▪ CAPÍTULO 2 – O MELHORAMENTO GENÉTICO NATURAL	14
▪ CAPÍTULO 3 – O MELHORAMENTO GENÉTICO ARTIFICIAL	31
▪ CAPÍTULO 4 – COMPARAÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS	43
▪ CONCLUSÃO	50
▪ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

INTRODUÇÃO

O tema a ser abordado é um estudo comparativo entre o melhoramento genético em vegetais por hibridação e a produção de transgênicos. O tema deste estudo está circunscrito à produção dos vegetais com características específicas obtidas através de técnicas de hibridação e de engenharia genética.

O melhoramento genético é um conjunto de técnicas utilizadas em plantas e animais com o objetivo de obter indivíduos ou populações com características desejadas, a partir do controle genético destas e de sua variabilidade. À medida que surgem novos avanços tecnológicos, além de se utilizar métodos naturais de melhoramento genético por hibridação, fundamentados nas leis de Mendel, como o cruzamento de espécimes diferentes, passa-se também a utilizar métodos fundamentados em técnicas de engenharia genética, onde se transferem genes de um organismo para outro da mesma espécie ou, até mesmo, de diferentes espécies, modificando-se a sua estrutura, com o intuito de se obter um organismo com características específicas desejadas. Este método é conhecido por produção de organismos transgênicos.

Historicamente, a própria natureza e os homens já vêm realizando o melhoramento genético por métodos de hibridação. Com o passar do tempo e os avanços da Ciência, os métodos foram bastante modificados, a ponto de, em laboratórios, se produzirem novos organismos, por engenharia genética. A especificidade das características é conseguida através da troca de genes entre organismos da mesma espécie ou, até mesmo, de diferentes espécies, modificando-se assim a estrutura do organismo, podendo produzir-se novas

espécies.

A produção destes organismos, geneticamente modificados, principalmente vegetais comestíveis, cria uma certa desconfiança e incerteza, já que os estudos realizados ainda não comprovaram, com toda a segurança, que eles ao serem ingeridos, não causam nenhum mal à saúde e além do que foi criada a possibilidade da existência de patentes que monopolizam a produção de tais plantas. O governo brasileiro ainda não liberou a sua produção, embora tenha permitido as colheitas de vegetais transgênicos, cujas sementes entraram ilegalmente no país.

O objetivo deste trabalho é fazer um contraponto dos métodos de melhoramento genético. Serão estudados as técnicas de hibridação e os métodos de produção de transgênicos, levantando vantagens e desvantagens de cada método. Por fim, avaliar qual das metodologias têm melhores desempenhos e aplicações, buscando encontrar um motivo para explicar a busca por novas técnicas de melhoramento genético se já se possui técnicas antigas, mais naturais e já consagradas.

Este trabalho foi dividido em quatro partes no qual são abordados vários temas acerca da ciência do melhoramento genético. No primeiro capítulo foi feito um histórico do melhoramento genético, foi estudado desde os primórdios desta ciência até os dias de hoje. No segundo capítulo, foi feito um estudo de todos os métodos de melhoramento genético natural, os métodos baseados no princípio da seleção natural. Na terceira parte do trabalho foi feito um estudo dos métodos de melhoramento genético artificial, aquele no qual os organismos melhorados são obtidos em laboratórios através de técnicas da engenharia genética. Na quarta

parte do trabalho, foi feita uma comparação entre os dois tipos de melhoramento genético, o natural e o artificial, levantando vantagens e desvantagens de cada um.

CAPÍTULO I – HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO

Desde o início da agricultura, há cerca de dez mil anos, quando o homem deixa o nomadismo e passa ao sedentarismo, populações humanas utilizam empiricamente métodos de melhoramento genético que imitam os processos da evolução natural. Temos como exemplo a domesticação do trigo, da cevada, da ervilha e das lentilhas que datam de sete mil anos a.C. Banana, maçã, batata, milho, sorgo e muitas outras culturas vegetais começaram a ser melhoradas a partir de cinco mil a.C. Outras, como o abacaxi, certas hortaliças, o morango, a seringueira e o dendê, foram melhoradas já na era cristã.

Ao se iniciar o comércio entre os povos e, posteriormente as grandes navegações, ocorreram trocas de sementes de diversas plantas. Assim, plantas que antes existiam em certos locais, passaram a ser cultivadas em vários outros com diferentes solos, ambientes e etc. sendo disseminadas por todo o mundo, às vezes até encontrando regiões que ofereciam melhores condições para o seu desenvolvimento.

Os primeiros experimentos genéticos foram realizados em 1860 pelo monge austríaco Gregor Mendel. Ele promovia o cruzamento de tipos diversos de ervilhas e observava como as características de cada planta eram herdadas pelas gerações seguintes. Embora Mendel não tenha nem chegado perto do DNA, seus trabalhos foram cruciais para o desenvolvimento de uma nova área da biologia; e muito embora, o mundo científico só tenha reconhecido isso muitos anos após a sua morte, seus trabalhos com ervilhas alicerçaram o que hoje conhecemos como Biotecnologia.

Com a redescoberta das leis da genética, métodos racionais de melhoramento genético começaram a ser utilizados pelos geneticistas em plantas cultivadas, animais domésticos e microrganismos úteis, como os envolvidos na produção de antibióticos, vitaminas, enzimas e outros produtos.

Em 1953, o americano James Watson e o inglês Francis Crick anunciaram a descoberta da molécula de DNA e em 1962, receberam o Prêmio Nobel de Medicina pela descoberta da molécula de DNA. Watson chegou a preconizar que "os mistérios da vida estarão sob o controle das futuras gerações - dependendo da rapidez com que os segredos do DNA forem elucidados" (Watson).

Porém, aos homens não satisfaz apenas conhecer ou contemplar alguma coisa. Decifrada a natureza do DNA e do código genético, o próximo passo foi verificar se seria possível interferir nele, modificá-lo.

A era da biotecnologia, propriamente dita, teve início em 1973, pelas mãos dos norte-americanos Stanley Cohen (Universidade Stanford) e Herbert Boyer (Universidade da Califórnia em São Francisco). Eles conseguiram recombinar trecho do DNA de uma bactéria depois de terem incluído na seqüência em gene de sapo. De um só golpe, demonstraram que o código genético era de fato universal, pois o DNA de espécies distantes era compatível, e que os homens tinham adquirido a faculdade de criar quimeras verdadeiras, híbridos no sentido mais profundo da palavra, o genético. Tornara-se possível introduzir um gene de sapo numa bactéria e, com isso, obrigar a bactéria a produzir uma proteína de

sapo. Cohen e Boyer batizaram sua técnica de DNA Recombinante¹. A tecnologia do DNA recombinante trouxe várias vantagens como: Oferecer uma base racional para o entendimento de doenças, auxiliar na produção de proteínas humanas para serem empregadas em terapias e vacinas e auxiliar no diagnóstico de doenças.

Após a descoberta da tecnologia do DNA Recombinante, surgem muitas pesquisas em que se utilizavam os princípios da mesma, porém com objetivos diferentes. Surgem várias técnicas biotecnológicas como: a produção e pesquisa de plantas e animais transgênicos; a clonagem de mamíferos; a produção de proteínas humanas em microorganismos, plantas e animais; o mapeamento de genomas; as técnicas de detecção e diagnóstico por PCR (Polymerase Chain Reaction); a terapia gênica e etc.

Em 1972, o bioquímico Paul Berg realizou um experimento que mudou a sua história: juntou duas moléculas de DNA em laboratório. Com isso estava aberto o caminho para a criação dos organismos geneticamente modificados (OGMs).

O processo era o seguinte: inserindo um trecho do DNA do vírus SV40, causador de tumores, no da *Escherichia coli*, uma bactéria bastante usada em pesquisas, criou o primeiro transgênico de que se tem notícia. Esta experiência deu a Paul Berg o Prêmio Nobel de Química em 1980. Mas, em 1973, Herbert Boyer e Stanley N. Chen já haviam dado início à era do DNA recombinante que dava margem à produção de OGMs. Em 1974, Berg, preocupado, publicou na

¹ Fragmento de DNA incorporado artificialmente à molécula de DNA de um vetor de clonagem que pode ser amplificado em um organismo diversas vezes. Desta forma, grande quantidade do DNA em questão pode ser obtida. O DNA inserido no vetor de clonagem usualmente contém o gene de interesse. (Guerrante, 2003: 147).

revista "Science", uma solicitação para a suspensão dessas experiências até que fossem criadas diretrizes para essas pesquisas. Cientistas, advogados, oficiais dos governos de todo o mundo se reuniram, em 1975, na Conferência de Asilomar (Califórnia), nos Estados Unidos, com a finalidade de debater o assunto.

Como consequência, foram criadas, em 1976, diretrizes para experiências com recombinantes. Nesse mesmo ano, Robert Swanson e Herbert Boyer concluíram que a técnica poderia ser usada para produzir compostos em escala industrial e fundaram a Genentch.

Em 1982 chega ao mercado a primeira droga feita com a técnica do DNA recombinante, insulina, licenciada por uma empresa farmacêutica chamada Eli-Lilly. Atualmente existem dezenas de produtos farmacêuticos transgênicos. Fato interessante é que o uso da transgenia não gerou polêmica nos meios sociais existindo hoje dezenas deles que são vendidos sem restrições.

O mesmo não aconteceu com a chegada ao mercado, em 1994, da primeira planta transgênica, o tomate *FlavSavr*, produzido pela empresa americana Calgene (posteriormente absorvida pela multinacional Monsanto).

Em 1983, uma década antes, essa técnica de misturar DNAs em plantas já tinha começado a ser usada. Três grupos de cientistas de duas instituições acadêmicas, a Universidade de Washington, em Saint Louis, Estados Unidos, e na Bélgica a Universidade de Gent, conjugados com a multinacional de origem americana conseguiram adicionar genes de uma bactéria em duas plantas distintas, criando os primeiros vegetais com genes de dois seres diferentes.

CAPÍTULO II – O MELHORAMENTO GENÉTICO NATURAL

Ao longo do seu processo de evolução, os seres vivos sofrem modificações em suas características com o objetivo de se melhor adaptar às condições ambientais em que vivem.

A estrutura genética dos seres-vivos, no decorrer da sua evolução, é alterada pela mutação gênica, que introduz novos tipos de alelos, pela derivação genética, e pela seleção natural, que seleciona os alelos que conferem melhor adaptabilidade nas condições reinantes.

Se tivermos uma população em uma região cujas condições ambientais se alterem no decorrer do tempo, dois fatos podem ocorrer: a) A população não altera sua estrutura genética, simultaneamente às alterações do ambiente, tornando-se, assim, cada vez menos adaptada ao meio ambiente em que reside e vindo, finalmente, a se extinguir. b) A estrutura genética da população já foi alterada no decorrer do tempo, vindo a produzir uma nova população adaptada ao novo ambiente e, portanto, com características diferentes da população original. Esta nova população poderia ser considerada como uma espécie diferente da espécie original.

Neste caso, tem-se uma espécie ancestral que dá origem a uma única espécie filha. Isto acontece porque, durante todo o processo, tem-se uma única população adaptando-se a um mesmo meio em transformação; as modificações ambientais afetam uniformemente toda a população, cujos membros trocam, livremente, genes entre si.

Porém, quando temos uma população que se separa em duas populações filhas e estas passam a explorar regiões que sofrem, no decorrer do tempo, alterações ambientais diferentes, podemos ter a extinção destas duas populações filhas, pois podem não se adaptar aos novos ambientes, ou podemos ter a evolução destas populações e que, conseqüentemente, dariam origem a novas espécies porém, diferentes entre si, uma vez que dificilmente dois ambientes teriam condições idênticas. No final de muitas gerações com as populações isoladas, sem que ocorram trocas de genes entre elas, as duas populações teriam características distintas entre si e poderão constituir duas espécies distintas.

2.1 – Evolucionismo

Quando o Homem começou a estudar os seres vivos que o rodeavam, tornou-se necessário explicar o aparecimento destes, bem como o seu próprio aparecimento. Foi então que surgiram algumas teorias cujo objetivo era explicar o surgimento e desenvolvimento das espécies vivas.

Como se sabe, segundo algumas crenças, existe uma ou várias entidades todo-poderosas responsáveis pela criação de tudo o que conhecemos. Estas crenças, bem como a aparente idéia de que os animais, geração após geração, permanecem imutáveis, levaram ao aparecimento do princípio, que durante muitas centenas de anos foi tido como certo, de que a entidade toda poderosa era perfeita, portanto tudo o que criava teria de ser perfeito também. Assim, surgiu a teoria fixista em que se tenta explicar o surgimento das espécies, afirmando que estas surgiram sobre a Terra, cada qual já adaptada ao ambiente onde foi criada,

uma vez que não havia necessidade de mudanças, as espécies permaneciam imutáveis desde o momento em que surgiram. Deste modo, e de acordo com esta teoria, não haveria um antepassado comum.

Durante muito tempo o criacionismo foi a teoria explicativa sobre o aparecimento dos seres vivos mais aceita pelas pessoas. Em que Deus, o ser supremo e perfeito, tinha criado todos os seres e, uma vez que era perfeito, tudo o que criava era perfeito também, pelo que as espécies foram colocadas no mundo já adaptadas ao ambiente onde foram criadas, e permaneceram imutáveis ao longo dos tempos.

Assim, segundo esta teoria, o aparecimento de novas espécies era impossível, bem como a extinção de outras.

Com o passar do tempo, as idéias do fixismo começaram a ser contestadas. Vários são os cientistas que através de seus estudos mostraram que, ao contrário do que se dizia na teoria fixista, as espécies não permaneceram imutáveis ao longo dos milênios e que, portanto, evoluíram.

Um dos cientistas que através de seus estudos tentou explicar o surgimento das espécies foi Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), naturalista francês, primeiro cientista a propor uma teoria sistemática da evolução. Sua teoria foi publicada em 1809, em um livro denominado Filosofia Zoológica.

Segundo Lamarck, o princípio evolutivo estaria baseado em duas Leis fundamentais:

- Lei do uso ou desuso: o uso de determinadas partes do corpo do organismo faz com que estas se desenvolvam, e o desuso faz com que se atrofiem.

- Lei da transmissão dos caracteres adquiridos: alterações provocadas em determinadas características do organismo, pelo uso e desuso, são transmitidas aos descendentes.

Lamarck utilizou vários exemplos para explicar sua teoria. Segundo ele, as aves aquáticas tornaram-se pernaltas devido ao esforço que faziam no sentido de esticar as pernas para evitarem molhar as penas durante a locomoção na água. A cada geração, esse esforço produzia aves com pernas mais altas, que transmitiam essa característica à geração seguinte. Após várias gerações, teriam sido originadas as atuais aves pernaltas.

A teoria de Lamarck não é aceita atualmente, pois suas idéias apresentam um erro básico: as características adquiridas não são hereditárias.

Verificou-se que as alterações em células somáticas dos indivíduos não alteram as informações genéticas contida nas células germinativas, não sendo, dessa forma, hereditárias.

Com o avanço das pesquisas, foi provado que parte das afirmações de Lamarck estão corretas, é o caso da lei do uso e do desuso, em que diz que quando há o uso de determinadas partes do organismo há um desenvolvimento das mesmas e que quando há o desuso, estas partes se atrofiam. Porém, parte das afirmações que Lamarck fez, não são corretas, é o caso da lei da transmissão de caracteres adquiridos no qual ele afirma que alterações provocadas pelo uso e desuso no organismo dos seres vivos são transmitidas para os descendentes dos mesmos. Atualmente, já foi comprovado que as alterações provocadas pelo uso e desuso não implicam em alterações no código genético do organismo assim, não

pode ocorrer a transferência destes caracteres para os descendentes do organismo.

Outro cientista que formulou teorias para o surgimento de espécies foi Charles Darwin (1809-1882), naturalista inglês que desenvolveu uma teoria evolutiva, chamada teoria da seleção natural, que é a base da moderna teoria sintética.

Segundo Darwin, os organismos mais bem adaptados ao meio têm maiores chances de sobrevivência do que os menos adaptados, deixando um número maior de descendentes. Os organismos mais bem adaptados são, portanto, selecionados para aquele ambiente.

Os princípios básicos das idéias de Darwin podem ser resumidos no seguinte modo:

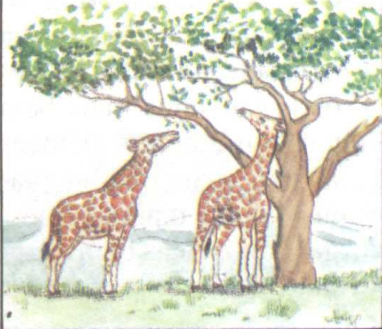
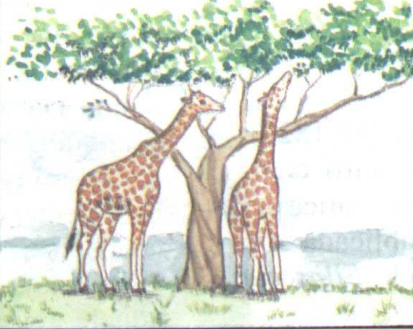
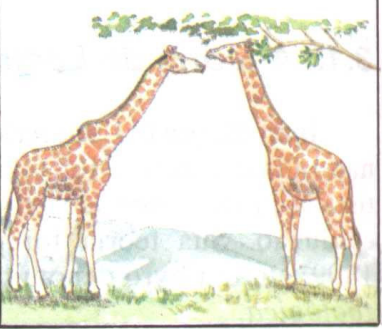
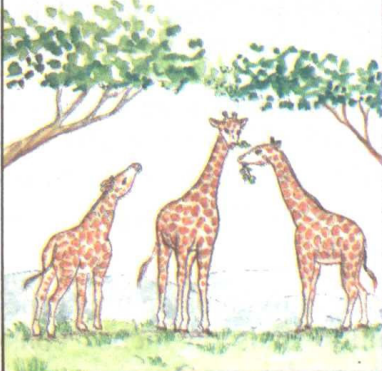

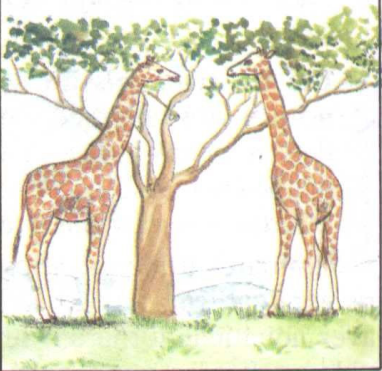
- Os indivíduos de uma mesma espécie apresentam variações em todos os caracteres, portanto, não sendo idênticos entre si (variabilidade).
- Todo organismo tem grande capacidade de reprodução, produzindo muitos descendentes. Entretanto, apenas alguns dos descendentes chegam à idade adulta.
- O número de indivíduos de uma espécie é mantido mais ou menos constante ao longo das gerações. Assim, há grande "luta" pela vida entre os descendentes, pois apesar de nascerem muitos indivíduos poucos atingem a maturidade, o que mantém constante o número de indivíduos na espécie.

- Na "luta" pela vida, organismos com variações favoráveis às condições do ambiente onde vivem têm maiores chances de sobreviver, quando comparados aos organismos com variações menos favoráveis. Com essas variações vantajosas, os organismos têm maiores chances de deixar descendentes. Como há transmissão de caracteres de pais para filhos, estes apresentam essas variações vantajosas. Assim, ao longo das gerações, a atuação da seleção natural sobre os indivíduos mantém ou melhora o grau de adaptação destes ao meio.

Com o avanço das pesquisas, foi provado que a teoria da evolução de Charles Darwin era correta. Darwin afirmou que os organismos mais bem adaptados a um certo ambiente, tinham maiores chances de sobreviver deixando assim, um número maior de descendentes. Portanto, os organismos mais bem adaptados serão selecionados para aquele ambiente enquanto os menos adaptados serão extintos.

A teoria de Darwin estava correta, porém incompleta. Ele não conseguiu explicar porque as espécies apresentavam variedades, exemplificado, porque existiam girafas de pescoço curto e girafas de pescoço comprido. Ela não conhecia o nosso conceito atual de mutação, assim sua teoria ficou incompleta.

A abordagem de Darwin sobre a evolução era bastante distinta daquela de Lamarck, como pode ser visto no esquema a seguir:

LAMARCK		
<p>As girafas ancestrais provavelmente tinham pescoços curtos. Para alcançar a folhagem das árvores, de que se alimentavam, tinham que esticar o pescoço.</p>	<p>Pelo fato de esticarem sempre o pescoço para atingir a folhagem das árvores, o pescoço alongou-se. Essa característica adquirida era transmitida aos seus descendentes.</p>	<p>Finalmente, o contínuo esticamento do pescoço deu origem às girafas atuais. Portanto, pelo uso ou desuso e pela transmissão das características adquiridas houve a evolução.</p>
		
DARWIN		
<p>As girafas ancestrais provavelmente apresentavam pescoços de comprimentos variáveis. As variações eram hereditárias.</p>	<p>A competição e a seleção natural levaram à sobrevivência dos descendentes de pescoços longos, uma vez que estes conseguiam alimentar-se melhor do que as girafas de pescoço curto.</p>	<p>Finalmente, apenas as girafas de pescoços longos sobreviveram à competição. Portanto, pela seleção natural ocorreu a evolução.</p>
		

Fonte: **LOPES**, Sônia Godoy Bueno Carvalho; Bio - Completo e Atualizado; 1996.

Os resultados obtidos por Charles Darwin em sua pesquisa, ainda não estavam diretamente ligados a o que se chama hoje de genética. As pesquisas do mesmo eram baseadas em viagens e observações feitas pelo cientista.

Mais tarde, com o surgimento de novas tecnologias e conseqüentemente, novas pesquisas, foi formulada a teoria sintética da evolução.

A Teoria sintética da evolução ou Neodarwinismo foi formulada por vários pesquisadores durante anos de estudos, tomando como essência as noções de Darwin sobre a seleção natural e incorporando noções atuais de genética. A mais importante contribuição individual da Genética, extraída dos trabalhos de Mendel, substituiu o conceito antigo de herança através da mistura de sangue pelo conceito de herança através de segmentos de DNA: os genes.

A teoria sintética considera, conforme Darwin já havia feito, a população como unidade evolutiva. A população pode ser definida como grupamento de indivíduos de uma mesma espécie que ocorrem em uma mesma área geográfica, em um mesmo intervalo de tempo.

Para melhor compreender esta definição , é importante conhecer o conceito biológico de espécie: agrupamento de populações naturais, real ou potencialmente intercruzantes e reprodutivamente isolados de outros grupos de organismos.

Quando, nesta definição, se diz potencialmente intercruzantes, significa que uma espécie pode ter populações que não cruzem naturalmente por estarem geograficamente separadas. Entretanto, colocadas artificialmente em contato, haverá cruzamento entre os indivíduos, com descendentes férteis. Por isso, são potencialmente intercruzantes.

A definição biológica de espécie só é válida para organismos com reprodução sexuada, já que, no caso dos organismos com reprodução assexuada, as semelhanças entre características morfológicas é que definem os agrupamentos em espécies.

Observando as diferentes populações de indivíduos com reprodução sexuada, pode-se notar que não existe um indivíduo igual ao outro. Exceções a essa regra poderiam ser os gêmeos univitelínicos, mas mesmo eles não são absolutamente idênticos, apesar de o patrimônio genético inicial ser o mesmo. Isso porque podem ocorrer alterações somáticas devidas à ação do meio.

A enorme diversidade de fenótipos em uma população é indicadora da variabilidade genética dessa população, podendo-se notar que esta é geralmente muito ampla.

A compreensão da variabilidade genética e fenotípica dos indivíduos de uma população é fundamental para o estudo dos fenômenos evolutivos, uma vez que a evolução é, na realidade, a transformação estatística de populações ao longo do tempo, ou ainda, alterações na frequência dos genes dessa população. Os fatores que determinam alterações na frequência dos genes são denominados fatores evolutivos. Cada população apresenta um conjunto gênico, que sujeito a fatores evolutivos, pode ser alterado. O conjunto gênico de uma população é o conjunto de todos os genes presentes nessa população. Assim, quanto maior é a variabilidade genética, maior variabilidade dos tipos diferentes na população.

Os fatores evolutivos que atuam sobre o conjunto gênico da população podem ser reunidos duas categorias:

- Fatores que tendem a aumentar a variabilidade genética da população: mutação gênica, mutação cromossômica , recombinação.
- Fatores que atuam sobre a variabilidade genética já estabelecida : seleção natural, migração e oscilação genética.

A integração desses fatores associada ao isolamento geográfico pode levar, ao longo do tempo, ao desenvolvimento de mecanismos de isolamento reprodutivo, quando, então, surgem novas espécies. Falaremos somente da seleção natural já que a partir da mesma poderemos esclarecer alguns pontos sobre o melhoramento genético natural.

2.2 –Gregor Mendel e suas descobertas

2.2.1 – Quem foi Gregor Mendel?

Gregor Mendel foi um monge agostiniano, botânico e meteorologista austríaco.

Nasceu na região de Troppau, na Silésia, que então pertencia à Áustria. Na sua infância revelou-se muito inteligente; em casa costumava observar e estudar as plantas. Sendo um brilhante estudante, sua família encorajou-o a seguir estudos superiores, e mais tarde aos 21 anos a entrar num mosteiro da Ordem de Santo Agostinho em 1843 (atual mosteiro de Brno, República Checa) pois não tinham dinheiro para suportar o custo dos estudos. Obedecendo ao costume, ao tornar-se monge, adotou um outro nome: "Gregor". Mendel tinha a seu cargo a supervisão dos jardins do mosteiro.

Estudou ainda, durante dois anos, no Instituto de Filosofia de Olomuc, na República Checa, e na Universidade de Viena (1851-1853). De 1843 a 1854 tornou-se professor de ciências naturais na Escola Superior de Brno, dedicando-se ao estudo do cruzamento de muitas espécies: feijões, chicória, bocas-de-dragão, plantas frutíferas, abelhas, camundongos e principalmente ervilhas cultivadas na horta do mosteiro onde vivia e analisando os resultados matematicamente, durante cerca de sete anos.

Gregor Mendel, "o pai da genética", como é conhecido, foi inspirado tanto pelos professores como pelos colegas do mosteiro que o pressionaram a estudar a variação do aspecto das plantas. Propôs que a existência de características (tais como a cor) das flores é devido à existência de um par de unidades elementares de hereditariedade, conhecidas como genes.

Mas Mendel não só se interessou nas plantas, ele também era meteorologista e estudou as teorias de evolução. Ao longo da sua vida foi membro, diretor e fundador de muitas sociedades locais: diretor do Banco da Morávia, foi fundador da Associação Meteorológica austríaca, membro da Real e Imperial Sociedade da Morávia e Silésia para melhor agricultura, entre outras. Durante a sua vida Mendel publicou dois grandes trabalhos, agora clássicos: "Ensaio com Plantas Híbridas" (Versuche über Pflanzenhybriden), que não abrangia mais de trinta páginas impressas e "Hierácias obtidas pela fecundação artificial". Em 1865, formula e apresenta em dois encontros da Sociedade de História Natural de Brno as leis da hereditariedade, hoje chamadas Leis de Mendel, que regem a transmissão dos caracteres hereditários. Após 1868, as tarefas administrativas mantiveram-no tão ocupado que ele não pode dar

continuidade às suas pesquisas, vivendo o resto da sua vida em relativa obscuridade.

Gregor Mendel morreu em 6 de Janeiro de 1884, em Brno, no antigo Império Austro-Húngaro hoje República Checa de uma doença renal crônica; um homem à frente do seu tempo, mas seu trabalho foi ignorado durante toda a sua vida.

2.2.2 – As descobertas de Mendel

Por sete anos (1856 a 1863), Mendel, cruzou e produziu híbridos de plantas de ervilha do gênero *Pisum* com características distintas - plantas altas com plantas anãs, ervilhas amarelas com ervilhas verdes, sementes lisas com rugosas, vagens verdes com amarelas, vagens lisas com onduladas, flores axilares com terminais e cascas das sementes cinzas com brancas. Ele observou com surpresa que tais características não são diluídas nem resultam em meio-termo, mas se mantêm distintas: o rebento híbrido de uma planta alta e de uma anã era sempre alto, não de tamanho médio. Observava-se um fenômeno bem interessante quando Mendel cruzava estas plantas altas entre si, as plantas resultantes mantinham as mesmas características distintas das avós porém, um quarto delas eram anãs.

Ao analisar todo este fenômeno, Mendel fez uso da estatística para compreender o que está por trás do mesmo. As plantas, como os outros seres, também possuem “pais” e cada um deles aparentemente contribui com características para as gerações subseqüentes. Portanto, embora a característica

de tamanho pequeno possa desaparecer na segunda geração, ela vai reaparecer em alguns indivíduos da terceira; dessa maneira, a segunda geração deve ainda conter "instruções" para produzir indivíduos pequenos. De fato, tais "instruções" devem vir em pares, um do pai e outro da mãe, e um elemento do par é passado para cada indivíduo da terceira geração.

Mendel chamou este fenômeno de "lei da segregação": características herdadas são passadas igualmente por cada um dos pais, e, em vez de se misturarem, elas se mantêm separadas. Isto é, cada uma das características é gerada por um par de instruções, com as instruções "dominantes" determinando a aparência da prole e as instruções "recessivas" mantidas latentes. Assim, as características recessivas aparecem somente quando ambos os fatores em um par são recessivos.

Após encerrar o primeiro estudo, Mendel passou a estudar dois pares de caracteres de cada vez. Para realizar estas experiências, Mendel continuou usando ervilhas de linhagens puras com sementes amarelas e lisas e ervilhas também puras com sementes verdes e rugosas. Portanto, os cruzamentos que realizou envolveram os caracteres cor e forma das sementes, que já haviam sido estudados, individualmente, concluindo que o amarelo e o liso eram caracteres dominantes.

Mendel então cruzou a geração parental de sementes amarelas e lisas com as ervilhas de sementes verdes e rugosas, obtendo, na primeira geração, todos os indivíduos com sementes amarelas e lisas, como os pais dominantes. O resultado do primeiro cruzamento já era esperado por Mendel, uma vez que os caracteres amarelo e liso eram dominantes.

Posteriormente, realizou a autofecundação dos indivíduos da primeira geração, obtendo na segunda, indivíduos com quatro fenótipos diferentes, incluindo duas combinações inéditas. Em 556 sementes obtidas na segunda geração, verificou-se a seguinte distribuição:

Experimento que deu origem a Lei da Segregação Independente		
Fenótipos observados	Números Obtidos	
	Valor absoluto	Relação
Amarelas Lisas	315	315/556
Amarelas Rugosas	101	101/556
Verdes Lisas	108	108/556
Verdes Rugosas	32	32/556

Os números encontrados neste experimento aproximam-se bastante da proporção 9: 3: 3: 1.

Observando-se as duas características, simultaneamente, verifica-se que obedecem à 1ª Lei de Mendel. Na segunda geração, se considerarmos cor e forma, de modo isolado, permanece a proporção de três dominantes para um recessivo. Analisando os resultados da segunda geração, percebe-se que a característica cor da semente segrega-se de modo independente da característica forma da semente e vice-versa. Este fenômeno ele deu o nome de Lei da segregação independente.

Gregor Mendel, comumente conhecido com Mendel, pai da “Genética”, foi o grande impulsionador da mesma. Com seus estudos, elucidou os princípios

fundamentais da genética e possibilitou o início do desenvolvimento de pesquisas e experimentos nesta área.

Com a redescoberta das leis de Mendel em 1900, por Hugo de Vries na Holanda, Erich Tschermak na Áustria e Karl Correns na Alemanha surgem muitas técnicas baseadas nestes princípios com o objetivo de, a partir de organismos que possuam certa característica, introduzir-se por meio da hibridação, a mesma em outro organismo que não a possua e que se queira que este a apresente. É importante ressaltar que estes tipos de cruzamentos só podem ser feitos entre organismos de espécies iguais e não entre organismos de espécies distintas.

O processo do melhoramento genético natural consiste em cruzar plantas da mesma espécie em que uma das plantas apresente a característica desejada. Porém, não podemos afirmar que a geração seguinte apresentará tal característica, já que este tipo de experimento obedece às leis mendelianas segundo as quais a característica desejada tanto pode ser apresentada e como também pode ser ocultada por outra que seja dominante.

Atualmente, vemos o surgimento de novas técnicas de melhoramento, porém estas não são mais fundamentadas nas leis mendelianas e sim fundamentadas na engenharia genética.

A engenharia genética está sendo usada como um novo artifício para se realizar o melhoramento genético. Porém, as técnicas desenvolvidas ainda não são totalmente confiáveis, já que os estudos realizados ainda não comprovaram, com toda a segurança, que os alimentos modificados ao serem ingeridos, não causam nenhum mal à saúde e além do que foi criada a possibilidade da existência de patentes que monopolizam a produção de tais plantas. O governo

brasileiro ainda não liberou a sua produção, embora tenha permitido as colheitas de vegetais transgênicos, cujas sementes entraram ilegalmente no país.

CAPÍTULO III – O MELHORAMENTO GENÉTICO ARTIFICIAL

3.1 – A biotecnologia

Modernamente definimos biotecnologia como o processo que envolve manipulação do material genético, o que é chamado de engenharia genética. Podemos considerar, também, como o uso industrial de processos de fermentação de leveduras para produção de álcool ou cultura de tecidos para extração de produtos secundários e, ainda, um processo tecnológico que permite a utilização de material biológico para fins industriais.

A biotecnologia incorpora conhecimentos nas áreas de microbiologia, bioquímica, genética, engenharia, química, informática, entre outras. São agentes biológicos os microrganismos, células e moléculas, tal como enzimas, anticorpos, DNA etc. resultando em bens, como alimentos, bebidas, produtos químicos, energia, produtos farmacêuticos, pesticidas, etc. Ela contribui com serviços, como a purificação da água, tratamentos de resíduos, controle de poluição, etc.

A transferência específica de genes que controlam características, também específicas, de um organismo para outro é denominada engenharia genética e pode ser utilizada na transferência desses genes, mesmo em organismos filogeneticamente distantes, produzindo os organismos geneticamente modificados (transgenia). A base para a realização da transgenia é a universalidade do código genético, que é responsável pela transmissão das

informações hereditárias. Esta característica permite que o código seja “lido”, de forma idêntica, por qualquer organismo que a ele seja inserido. Desta maneira, uma informação genética é “lida” da mesma forma em uma bactéria, em um fungo, em uma ave, em um mamífero e em qualquer outro organismo. Assim, um gene que determina a resistência de um fungo a um certo herbicida, funcionará da mesma forma em uma planta. Esta será resistente ao herbicida após a introdução do mesmo gene que possibilita tal resistência ao fungo.

3.2 – Transgênicos e OGMs (Organismos Geneticamente Modificados)

Os transgênicos e os organismos geneticamente modificados são aqueles com material genético alterado pelo homem através de transferência de um ou mais genes de uma espécie para outra e/ou da mesma espécie.

Os organismos transgênicos surgiram em 1973 quando os cientistas Cohen e Boyer, que coordenavam um grupo de pesquisa em Stanford e na Universidade da Califórnia davam o passo inicial para o mundo da transgenia. Eles conseguiram transferir um gene de rã para uma bactéria, o primeiro experimento realizado com sucesso usando a técnica do DNA Recombinante. Essa técnica, posteriormente passou a ser chamada de engenharia genética.

Em 1919 foi usada pela primeira vez a palavra biotecnologia por um engenheiro agrícola na Hungria. Não é de hoje que o homem vem manipulando a vida através da domesticação, melhoramento e cruzamento de animais e plantas. Registros mostram que isso já ocorria há mais de dez mil anos atrás, embora

sempre tenham existido as barreiras, umas naturais (diferenças entre espécies) e outras humanas (cultura, ética, religião).

Na década de 70, ocorrem mudanças profundas nesse contexto, com o desenvolvimento da engenharia genética e a descoberta da DNA Recombinante. A partir daí, foi possível ultrapassar a barreira das espécies.

Essa tecnologia permite uma modificação direta do genoma de um ser vivo, seja pela introdução de um novo gene de origem externa, ou mesmo, na inativação de um gene ora existente. Uma vez realizado esse processo o organismo modificado passará a produzir a substância de comando do novo gene recebido, o que possibilita de certa forma, mudanças na qualidade dos alimentos.

Os OGMs têm sido assunto de muitas especulações, equívocos e acertos. Os transgênicos, que na verdade são OGMs, tem aparecido com maior frequência na vida de muitas pessoas nos mais distantes países do globo terrestre. Isso tem feito com que os pesquisadores se debrucem sobre os seus instrumentos de pesquisa para que possam produzir um conhecimento mais seguro e assim, apresentarem uma melhor aceitação. Às vezes até deixando de lado os experimentos com técnicas mais antigas e consagradas. Como consequência, temos uma grande escassez de material sobre o melhoramento genético natural e um grande transbordamento de materiais sobre as técnicas de produção de transgênicos.

3.3 – OGMs e transgênicos: uma questão conceitual

Convencionalmente, utilizam-se os termos OGMs e transgênicos como sinônimos. Porém, existe uma diferença técnica entre ambos. Os OGMs são organismos que foram modificados com a introdução de um ou mais genes provenientes de um ser vivo da mesma espécie do organismo alvo. Um exemplo típico de OGM é o tomate *FlavrSavr* que foi modificado geneticamente para apresentar um processo de maturação mais lento de modo que permita que os frutos possam ser colhidos maduros ainda na planta. Isso faz com que a qualidade nutricional e de acondicionamento sejam melhores. Essa técnica de modificação consiste em isolar uma determinada seqüência de genes do próprio fruto e depois inseri-la em sentido inverso, no próprio fruto. Assim tem-se um OGM e não um transgênico.

O termo transgênico foi utilizado pela primeira vez em 1983, na Universidade da Pensilvânia, quando dois cientistas inseriram genes humanos de hormônios de crescimento em embriões de ratos, produzindo os chamados “super ratos”. A palavra transgênico é utilizada para designar um ser vivo que foi modificado geneticamente, recebendo um gene ou uma seqüência gênica de um ser vivo de espécie diferente. Para a execução de tal processo utiliza-se a tecnologia do DNA recombinante. Como exemplos de transgênicos temos uma imensa gama de alimentos consumidos diariamente em diversos países sem que se tenha ciência dos processos de produção, como por exemplo o milho BTH e a soja Roundup Ready.

3.4 – Aplicação dos transgênicos nos seres vivos

O surgimento dos transgênicos possibilitou avanços significativos nos mais diversos ramos das ciências biomédicas, oferecendo subsídios para aprofundamento nas pesquisas em citologia, expressão gênica e a genética molecular. No campo da medicina influenciou e tem influenciado os trabalhos no campo das doenças hereditárias e na oncologia. Na biotecnologia os organismos geneticamente modificados (bactérias, plantas, fungos e muitos animais) podem funcionar como biorreatores para a produção de proteínas. De acordo com Guerrante (2003: 10)

A tecnologia do DNA recombinante trouxe a possibilidade de produzir plantas geneticamente modificadas para expressarem determinadas características de interesse. Nos vegetais, a modificação genética se dá por meio da inserção de um ou mais genes no genoma das sementes, de modo a fazer com que estas passem a produzir determinadas proteínas, responsáveis pela expressão de características do interesse do vegetal.

Os vegetais transgênicos podem ser classificados em três gerações, segundo a ordem cronológica de aparecimento das culturas e a característica apresentada por cada geração como mostra Guerrante (op.cit.: 10)

- 1ª Geração – Formam o primeiro grupo de plantas modificadas aquelas geneticamente modificadas com características agronômicas resistentes a herbicida, a pestes e a vírus. Foram disseminadas nos campos da

década de 80 e até hoje compõem o grupo de sementes geneticamente modificadas mais comercializadas no mundo.

- 2ª Geração – Nesse grupo estão incluídas as plantas cujas características nutricionais foram melhoradas tanto quantitativamente como qualitativamente. Compreende um grupo de plantas pouco difundido no mundo, porém, nos campos experimentais já é significativo.
- 3ª Geração – Representado por um grupo de plantas destinadas à síntese de produtos especiais, como vacinas, anticorpos e hormônios. Estes vegetais estão em fase de experimentação e brevemente estarão no mercado.

3.5 – As técnicas

A combinação de técnicas de biologia molecular, cultura de tecidos e transferência de genes representa uma ferramenta poderosa para introduzir novas características em uma determinada planta. Genes oriundos de diferentes espécies vegetais, animais ou microorganismos podem ser introduzidos de forma controlada em um genoma vegetal receptor, de modo independente da fecundação do genoma. De posse do gene, ele será então caracterizado e introduzido em vetores para transformação de plantas. O fenômeno da totipotência² permite que plantas transgênicas sejam obtidas de células originalmente transformadas com o DNA exógeno. Avanços na pesquisa em reguladores de crescimento vegetais e cultura de tecidos fazem com que um

² Potencialidade que as células vegetais apresentam de se desenvolver em novas plantas.

número crescente de plantas, muitas de interesse agrônomo, seja regenerado a partir de uma única célula. Métodos de transformação de plantas vêm sendo desenvolvidos e alguns já estão bem estabelecidos, como transferência de *Agrobacterium tumefaciens*, eletroporação de protoplastos e método biobalístico.

3.5.1 – Transferência por *Agrobacterium tumefaciens*

Agrobacterium tumefaciens é uma bactéria Gram negativa encontrada no solo, que causa uma doença denominada galha-de-coroa formando tumores na planta hospedeira. A bactéria insere seus próprios genes no genoma da planta. Estudos demonstraram que estes genes estão codificados no DNA de grandes plasmídeos de *Agrobacterium*, os plasmídeos Ti (Tumor inducing ou indutores de tumores) em um segmento de DNA denominado de T-DNA (Transferred DNA ou DNA transferido). O T-DNA, carregando os genes bacterianos, integra-se ao genoma da planta, que passa a expressar estes genes. Esta expressão resulta na síntese de auxinas e citocininas, que levam à formação de tumores em plantas, e aminoácidos modificados, substâncias necessárias para a sobrevivência da bactéria. Em outras palavras: através desta estratégia, a *Agrobacterium* transfere alguns de seus genes para a planta, com os seus plasmídeos Ti, que representam vetores naturais de transferência de material genético para plantas.

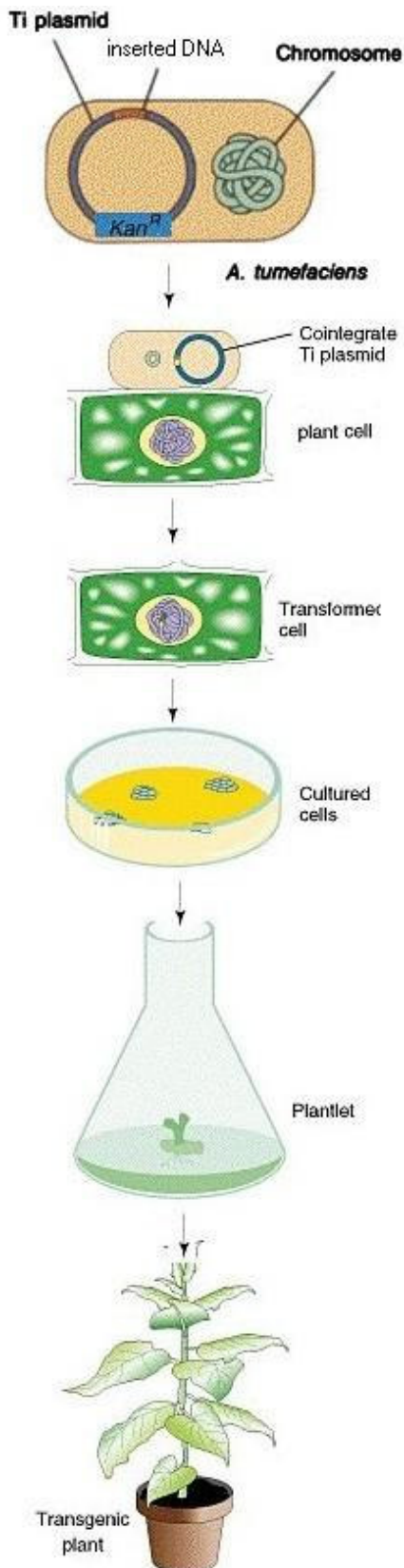
Para aproveitar-se destas propriedades naturais para a transferência de genes de interesse em plantas, é necessário eliminar as características indesejáveis do T-DNA, mantendo a sua capacidade de integrar-se ao genoma da planta hospedeira. Em outras palavras, os genes responsáveis pela formação de

tumores devem ser eliminados e, no lugar deles, devem ser inseridos os genes de interesse. Com as “tesouras moleculares”, as chamadas enzimas de restrição, há a possibilidade de executar a substituição destes genes sem interferir nas propriedades que permitem a integração do T-DNA ao DNA da célula hospedeira. Assim, qualquer gene pode ser introduzido em uma célula vegetal utilizando-se esta ferramenta oferecida pela própria natureza.

O processo de melhoramento genético através da *Agrobacterium tumefaciens* consiste em inserir o gene de interesse para o T-DNA da bactéria por meio da tecnologia do DNA recombinante. Assim, culturas de *Agrobacterium* que possuem em seu T-DNA o gene de interesse, são incubadas com explantes³ das plantas a serem modificadas. Durante o período de incubação, o T-DNA é transferido para o genoma da planta e através de técnicas de cultura de tecido, os explantes transformados vão dar origem a uma planta transgênica completa por um processo denominado de regeneração de plantas.

A *Agrobacterium tumefaciens* é o método, atualmente, mais utilizado. Porém não é capaz de transmitir genes a todas as espécies de vegetais.

³ Fragmento de um órgão ou tecido que sofreu explantação que é uma cultura de órgão ou tecido fora do organismo, de modo que suas células possam sobreviver e reproduzir-se.



Tumor causado pela bactéria *Agrobacterium tumefaciens*

Fonte:

<http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Agrobacterium>

Esquema do melhoramento genético através da *Agrobacterium tumefaciens*
Fonte:

www.espacioblog.com/plantastransgenicas

3.5.2 – Eletroporação de protoplastos

Eletroporação de protoplastos⁴ é um método utilizado para introduzir macromoléculas em células vegetais. Protoplastos são células vegetais desprovidas de paredes celulares e, teoricamente, podem ser isoladas de qualquer tecido vegetal. Para a transferência dos genes, os protoplastos, previamente, selecionados e purificados são mantidos em solução juntamente com os plasmídeos que contém os genes a serem introduzidos. Após isso, utiliza-se uma descarga de capacitores para produzir pulsos de alta voltagem que induz a abertura de poros na membrana celular, o que permite a penetração e a eventual integração dos genes no genoma. A eletroporação consiste na indução de poros reversíveis em membranas celulares, resultando em fluxo de íons e moléculas através da membrana deformada.

É o método de escolha preferencial, quando se trata de plantas monocotiledôneas como milho, trigo, etc.

3.5.3 – Método Biolístico

O processo Biolístico ou bioalística tem como objetivo inicial introduzir material genético no genoma nuclear de plantas superiores. Desde então sua universalidade de aplicações tem sido avaliada, demonstrando ser um processo

⁴ Protoplastos são células vegetais desprovidas da parede celular. É um estado transitório das células, obtido em laboratório. As células, nessa condição, podem ser manipuladas à semelhança de células animais e microrganismos, conservando ainda as potencialidades de células vegetais completas.

também efetivo e simples para a introdução e expressão de genes em bactérias, protozoários, fungos, algas, insetos e tecidos animais. Recentemente, foi demonstrada sua aplicação na introdução e expressão de genes em animais *in vivo* e na indução de resposta imune utilizando DNA, processo denominado imunização genética.

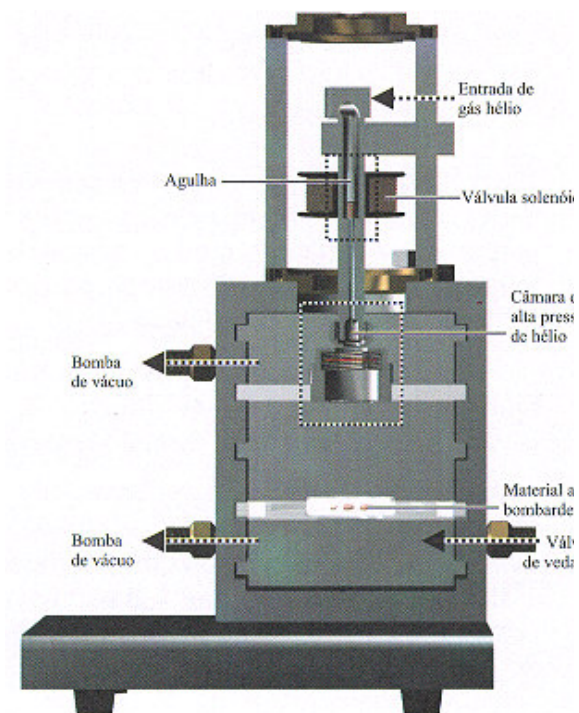
Neste processo emprega-se microprojéteis que são acelerados a velocidades superiores a 1500 Km/h por sistemas de aceleração baseados na geração de uma onda de choque com energia suficiente para deslocar uma membrana carreadora contendo as micropartículas cobertas com DNA ou por meio de uma descarga de hélio a baixa pressão acelerando o microprojétil em forma de aspersão.

A onda de choque pode ser gerada por uma explosão química (pólvora seca), por uma descarga de hélio a alta pressão, pela vaporização de uma gota de água decorrente de descarga elétrica com alta voltagem e baixa capacitância ou com baixa voltagem e alta capacitância, ou por uma descarga de ar comprimido. Sendo os mais eficientes e utilizados os sistemas fundamentados na utilização do gás hélio sob alta pressão.

Os microprojéteis que podem ser de ouro ou tungstênio são empregados para carrear e introduzir ácidos nucleicos e outras moléculas em células e tecidos *in vivo*. As micropartículas aceleradas penetram na parede e na membrana celular de maneira não-letal, localizando-se aleatoriamente nas organelas celulares. Em seguida, o DNA é dissociado das micropartículas pela ação do líquido celular, ocorrendo o processo de integração do gene exógeno no genoma do organismo a ser modificado. Uma das vantagens do sistema de transformação através do

processo de biobalística é que este permite a introdução e expressão gênica em qualquer tipo celular. Assim, foi aberta a possibilidade de transformação *in situ* de células diferenciadas sem necessidade de regeneração de novo. Desta forma, vislumbrou-se a possibilidade de obtenção de plantas transgênicas através da transformação de células-mãe do meristema apical. A transformação destas células meristemáticas através do processo biobalístico tem-se mostrado bastante eficiente. As micropartículas podem atingir as células das três camadas do meristema apical⁵. A frequência de transformação, no entanto, pode ser significativamente aumentada através da indução de organogênese na região do meristema apical, isto é, através da indução de uma multibrotação.

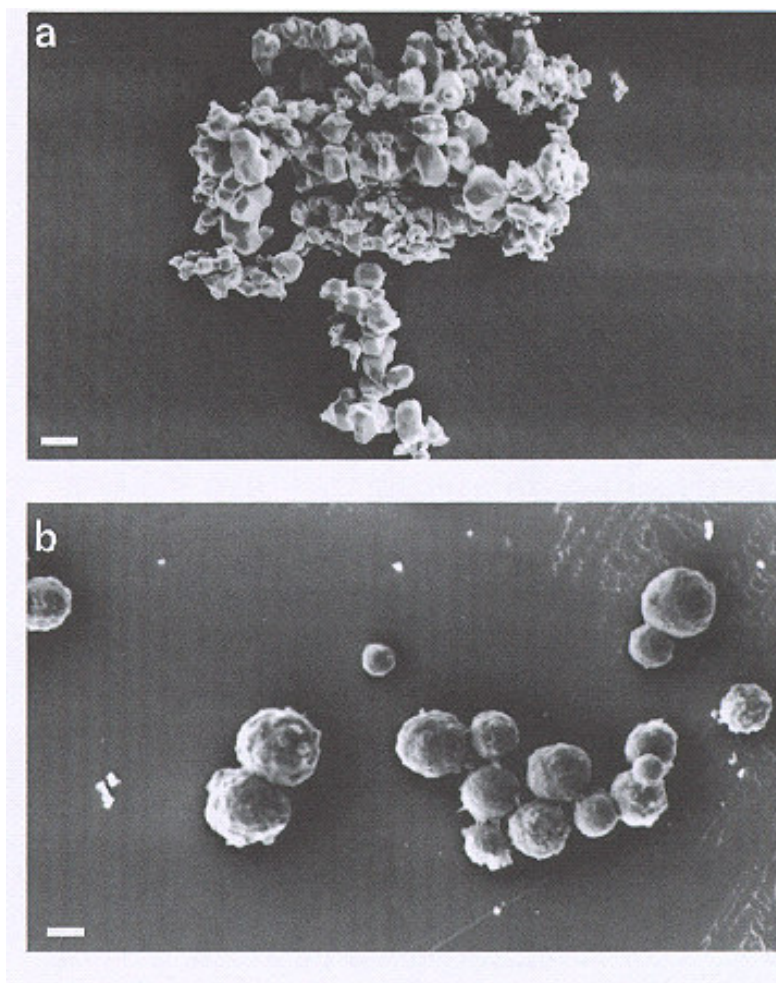
⁵Tecido vegetal cujas células possuem alta capacidade de se dividir por mitose. Quando as células do meristema descendem diretamente das células embrionárias, fala-se em primário (ex: meristemas localizados na extremidade de caules e raízes). Quando as células do meristema resultam da diferenciação de tecidos maduros (geralmente parênquimas), fala-se em meristema secundário (ex: felogênio presente na periderme).



Acelerador de partículas

Fonte:

<http://www.ufv.br/dbg/trab2002/TRANSG/TRG004.htm>



Micrografia eletrônica de varredura das micropartículas cobertas com DNA: (A) tungstênio; (B) ouro.

Fonte: <http://www.ufv.br/dbg/trab2002/TRANSG/TRG004.htm>

CAPÍTULO IV – COMPARAÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS

O surgimento das técnicas de melhoramento genético artificiais traz riscos que devem ser levados em conta quando pensamos na substituição das técnicas naturais de melhoramento genético por estas novas técnicas.

Novas técnicas podem trazer benefícios, que é o objetivo de qualquer estudo, trazer, de algum modo, vantagens ao homem. Porém, novas técnicas também podem trazer malefícios, principalmente aquelas que ainda não foram totalmente estudadas, já que não foi comprovado que estas não provocarão algum tipo de anomalia no vegetal que possa, ao ser ingerido por uma pessoa, causar danos à mesma.

Principais Benefícios trazidos pelos vegetais Geneticamente modificados

- Aumento da produtividade das colheitas: Esta é uma questão ainda discutida por muitos cientistas. Porém, a análise de alguns casos mostra que os OGMs produzem mais que os convencionais. Um caso interessante a ser destacado é o trabalho realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que introduziu no feijão um gene do vírus responsável pelas viroses que prejudicavam a lavoura levando a uma redução de 40% a 60% da produção. Dessa forma, pode-se obter até 100% da produção, dependendo do período do cultivo em que ocorre a infestação.

- Tolerância das plantas a condições adversas de solo e clima: O estresse causado pela falta de água, alta concentração salina nos solos e baixas temperaturas vem sendo alvo de diversos estudos. Determinados genes foram introduzidos em plantas de soja e trigo com a finalidade de obter maior tolerância à falta de água. Estudos realizados mostraram que a introdução de um gene isolado de plantas de soja com tolerância à falta de água, em plantas transgênicas de fumo, foi capaz de conferir maior tolerância ao déficit hídrico causado por quatro semanas sem irrigação. Estão sendo realizados estudos com o mesmo gene, porém, agora, em leguminosas como feijão. Se os resultados deste estudo forem positivos pode surgir uma nova alternativa para o desenvolvimento da região nordeste do Brasil.
- Aumento do potencial nutritivo dos alimentos: a engenharia genética tem se preocupado com a questão da desnutrição no planeta. Dessa forma, tem modificado plantas para produzirem uma maior concentração de vitaminas (A, C e E) e aminoácidos essenciais, da mesma forma retira fatores como o myo-inositol hexakisfosfato que retiram importantes elementos para a nutrição como o cálcio, ferro e fósforo.
- Alta resistência às pragas: As pesquisas têm mostrado uma evolução significativa nesse campo. As principais estratégias buscam a produção de proteínas hidrolíticas, proteínas dos patógenos, proteínas

antimicrobianas, cuja finalidade é aumentar a resistência da animais e vegetais (banana, soja e alface) à ação de pragas que infestam as lavouras e os animais de corte.

- Redução do uso de agrotóxicos: O Brasil está entre os três maiores consumidores de agrotóxicos do mundo. A medida que se produz plantas mais resistentes a ação de pragas como insetos, formigas, fungos e vírus, ocorre uma redução natural na utilização de agrotóxicos para fazer a defesa da lavoura.
- Alteração de coloração de flores: Novas perspectivas de mercado na floricultura foram abertas com a clonagem de genes associados à coloração de flores. Cores anteriormente inexistentes para determinada espécie se tornaram possíveis a partir da transformação genética com genes envolvidos nessas rotas bioquímicas. Também na modificação da arquitetura da planta e das flores, nas fragrâncias e na maior durabilidade das flores. Essa última associada à manipulação de genes associados à biossíntese do etileno.
- Síntese de plásticos e outros materiais: Já se discute a possibilidade de se produzir plásticos biodegradáveis a partir de polímeros de soja e fibra de cana-de-açúcar, tendo a participação de bactérias geneticamente modificadas.

Principais Malefícios trazidos pelos vegetais Geneticamente modificados

- A geração de novas pragas e plantas daninhas: A modificação das plantas poderá levar ao surgimento de novas pragas uma vez que a nova planta passará a produzir substâncias nutritivas diferentes que levarão ao aparecimento de novos parasitas antes não existentes. Do mesmo modo, determinados genes podem passar através do pólen de uma transgênica para uma filogeneticamente relacionada, resultando numa espécie nociva ao meio ambiente. Um caso já conhecido ocorreu em 1996, quando os escoceses constataram que o pólen de uma variedade de canola transgênica poderia ser achado em um raio de dois quilômetros. A canola (*Brasica napus*) é parente de uma erva daninha, a *Brasica campestris*, e as duas espécies cruzam com certa facilidade.
- Danos a espécies não-alvos: Através do transporte do pólen pelo vento, água, insetos, aves, poderá ocorrer a contaminação de plantações não transgênicas (nativas) com os genes das geneticamente modificadas, levando a uma chamada poluição genética. No México, DNAs de milho transgênico foram encontrados nas plantações de milho não transgênicos, mesmo com a proibição desses produtos no país de origem desse cereal.

- Alteração da dinâmica dos ecossistemas: A introdução de uma nova espécie em um meio ambiente e as monoculturas podem levar ao desaparecimento de outras espécies da cadeia alimentar que utilizavam o meio natural para a alimentação e reprodução.
- Produção de substâncias tóxicas: Isto pode ocorrer após a degradação incompleta de produtos químicos perigosos codificados pelos genes modificados.
- Perda de biodiversidade: A manipulação de genes poderá propiciar o aparecimento de novas espécies melhores adaptadas ao meio ambiente. Isto poderá levar ao desaparecimento de espécies mais frágeis em relação à adaptação ao meio ambiente, através de uma seleção “natural”.
- Oligopolização internacional do mercado de sementes: trata-se de um risco econômico decorrente desse tipo de tecnologia. Hoje existem cinco empresas no setor de sementes geneticamente modificadas: Monsanto, Syngenta, DuPont, Bayer Cropscience e DowAgroSciences. Essas empresas estabeleceram uma relação entre os transgênicos e a produção de fármacos. Dessa forma, vinculam a venda dessas sementes à venda do agroquímico específico para a sua proteção, vendidos sob a forma de um pacote

pela empresa. Além disso, essas grandes empresas detentoras da patente das sementes, podem passar a cobrar *royalties* das outras empresas que fizeram uso das sementes. Isso tudo traria como consequência posterior, a provável exclusão dos pequenos agricultores.

Um outro aspecto interessante a ser abordado em relação aos transgênicos, é a questão da segurança alimentar. Nesse enfoque, destacam-se dois pontos importantes: a toxidade e a alergia. Alguns alimentos como leite, ovos, pescados, crustáceos, trigo, nozes, soja e amendoim, possuem um potencial alergênico natural. Dessa forma, a Organização Mundial de Saúde (OMS) desaconselha a utilização de genes desses alimentos para experimentos com transgenia. Até hoje, os experimentos mostraram que apenas 1% das pessoas que se alimentaram de OGMs apresentaram alguma reação negativa em relação aos mesmos (FURTADO, 2003). Em face disso, a questão principal que envolve os transgênicos não é necessariamente uma precaução em relação à saúde, mas os aspectos políticos, econômicos, éticos e ambientais.

As técnicas naturais de melhoramento genético, não possuem risco algum ao homem que venha a consumir o vegetal melhorado. Elas, por se basearem em princípios naturais, não alteram o organismo do vegetal de tal forma a não sabermos o que causará a ingestão do mesmo, pelo ser humano.

Ao compararmos as técnicas naturais de melhoramento genético com as técnicas artificiais vemos que a única vantagem que a segunda tem sobre a

primeira é que há uma diminuição substancial no tempo de produção do organismo.

Na técnica natural há a possibilidade de o organismo não apresentar a característica desejada já que cruzamos dois organismos de mesma espécie sendo que um possui a característica desejada e, de acordo com as leis de Mendel, esta característica pode ser apresentada bem como também pode ser ocultada por uma outra característica que seja dominante, ao ser realizado o cruzamento entre as plantas. Já nas técnicas artificiais, feitas em laboratório, o pesquisador já tem o gene da característica que deseja que a planta apresente e só faz injetar este gene, por meio de diversas técnicas, no DNA da planta. Nas gerações seguintes, a característica, com certeza, será apresentada.

CONCLUSÃO

O melhoramento genético é um conjunto de técnicas que já vêm se desenvolvendo há muito tempo. Muita coisa já foi estudada e elucidada por cientistas durante o processo histórico desta construção. Porém, ainda falta muito para podermos, finalmente falar, que este é um procedimento em que tudo que se conhece é verdadeiro e que não existe mais nada que possa ser estudado, sempre há algum ponto a ser estudado, ampliado ou melhorado.

A questão do melhoramento genético é um assunto muito atual, já que envolve toda a discussão acerca dos alimentos transgênicos. Com este trabalho busquei tentar elucidar uma questão que me deixava muito intrigado em relação a essa discussão. O que incentiva o homem a buscar novos métodos de produção de organismos melhorados geneticamente se, possuímos técnicas eficientes, naturais, menos custosas e que, como foi comprovado, não causam nenhum prejuízo ao indivíduo que vier a consumi-los?

Vivemos em uma sociedade regida por um sistema em que o lucro é o objetivo primeiro e urgente do sistema capitalista, no qual nossa sociedade está organizada. Em uma sociedade que preza, ao máximo, o lucro, o aumento da produção acaba sendo causa e consequência do mesmo. Com a diminuição do tempo de produção de vegetais geneticamente modificados, que vão apresentar características específicas, haverá, por consequência, um aumento na produção.

E por fim, é ponto crucial de nossa discussão, o fato de que o surgimento de novas técnicas consegue diminuir, ao máximo, o tempo da produção dos vegetais, o que leva a um maior interesse por estas.

Por outro lado, podemos ver um grande desinteresse por técnicas antigas de melhoramento genético. Como prova deste desinteresse, quando, ao pesquisar material acerca do assunto não encontrei, textos falando das técnicas naturais de melhoramento de vegetais, o que dificultou a produção do capítulo em que tentávamos esclarecer os processos de melhoramento genético natural. E o que me levou a crer que tais métodos foram, na prática, abandonados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS, José Mariano e **MARTHO**, Gilberto Rodrigues. Genética e Biotecnologia na Atualidade. (In) **AMABIS**, José Mariano e **MARTHO**, Gilberto Rodrigues. Fundamentos da Biologia Moderna. São Paulo: Ed. Moderna, 2002. 436 – 448.

DEAN, Warren. A Botânica e a Política Imperial: a introdução e a domesticação de plantas no Brasil (In) Estudos Históricos nº 08. Rio de Janeiro, Ed. Da Fundação Getúlio Vargas. 1991. (216-228)

FONTES, Eliana G., **SANTOS**, Isabel K. de Miranda e **GAMA**, Maria I. C. A Biossegurança de Plantas Cultivadas Transgênicas. (In) **TEIXEIRA**, Pedro e **VALLE**, Sílvio (orgs). Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar. Rio de Janeiro; FIOCRUZ, 1996. 313 – 327.

FRONCHETI, Alceu e **ZAMBERLAM**, Jurandir. Agricultura Ecológica: Preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

GEORGE, Pierre. Geografia Agrícola do Mundo. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

GRAZIANO, Xico. Transgênicos: A discórdia dos transgênicos. Disponível em <http://br.geocities.com/mcrost06/transgenicos_28.htm>. Acessado em 16 de Junho de 2006.

GUERRANTE, Rafael Di Sabato. *Trangenicos: uma visão estratégia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

<<http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Agrobacterium>> acessado em 18 de Setembro de 2006.

LEITE, Marcelo. Os Alimentos transgênicos. São Paulo: Publifolha, 2000.

LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho; Bio - Completo e Atualizado; Editora Saraiva, 1996 - vol. único.

MACHADO, J. R. A, **MELLO**, B. Transgenia. Disponível em <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/transgenicos.htm>>. Acessado em 20 de Setembro de 2006.

OLIVEIRA, Paulo de. Fundamentos genéticos de melhoramento de plantas. Disponível em <<http://home.dbio.uevora.pt/~oliveira/Bio/Manual/>>. Acessado em 15 de Julho de 2006.

SILVA, Luciano da. Como fazer plantas transgênicas. Disponível em <<http://www.ufv.br/dbq/trab2002/TRANSG/TRG004.htm>>. Acessado em 15 de Julho de 2006.

<www.biotecnologia.com.br>. Acessado em 10 de Agosto de 2006.

<www.embrapa.br>. Acessado em 10 de Julho de 2006.

<www.espacioblog.com/plantastransgenicas> Acessado em 17 de Setembro de 2006.